

BIOMASSZA- ENERGETIKAI TECHNOLÓGIÁK



Biomassza-energetikai technológiák

Szerző(k):

Dr. Bai Attila (2.3., 3., 4.3.10. fejezet)
Dr. Grasselli Gábor (1., 2., 4., 5. fejezet)
Dr. Szendrei János (1., 2., 4., 5. fejezet)

Lektorálta: Dr. Fenyvesi László

Kézirat lezárva: 2014. október

KIADÓ: Debreceni Egyetem
a ZENFE – Zöld Energia Felsőoktatási Együttműködés –
TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0012 sz. projekt keretében



A kiadásért felel a ZENFE projekt intézményi képviselője: Dr. Szűcs Edit

Felelős szerkesztő: Dr. Grasselli Gábor

Műszaki szerkesztő: Balla Tibor

Terjedelem: 9,1 ív

Debrecen, 2014

© Dr. Bai Attila, Dr. Grasselli Gábor, Dr. Szendrei János, 2014

ISBN 978-963-473-795-7

TARTALOMJEGYZÉK

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	5
ÁBRÁK JEGYZÉKE	7
1. A BIOMASSZA-ENERGETIKAI TECHNOLOGIÁK ALAPJAI	8
1.1. A biomassza-energetika néhány energetikai tudnivalója	8
1.1.1. A megújuló energiaforrások rendszere	8
1.1.2. Energetikai alapismeretek	11
1.2. A biomassza-energetikában alkalmazott átalakítási módok	13
1.2.1. A biomassza termokémiai átalakítása	14
1.2.2. A biomassza fizikai-vegyi átalakítása	15
1.2.3. A biomassza biológiai átalakítása	15
1.2.4. A technológiák gyakorlati csoportosításban	16
1.2.5. A felhasznált alapanyagok értékelése	18
1.3. A biomassza-energetika külföldi szabályozása	20
1.3.1. Nemzetközi kötelezettségvállalások	20
1.3.2. Az Európai Unió szabályozási és politikai keretek	22
1.4. A biomassza-energetika hazai szabályozása	26
1.4.1. A magyar szabályozás alapjai	26
1.4.2. Hőtermelés	29
1.4.3. Közlekedés - bioüzemanyagok	33
1.4.4. Villamosenergia-termelés	35
2. A SZILÁRD BIOMASSZA TERMIKUS HASZNOSÍTÁSÁNAK TECHNOLOGIÁI.....	47
2.1. A szilárd biomassza termokémiai hasznosításának alapjai	47
2.2. A szilárd biomassza-tüzelőanyagok tüzelése	48
2.2.1. Az energiacélra hasznosítható anyagok tüzeléstechnikai jellemzői	48
2.2.2. A fás szárú biomassza főbb jellemzői	52
2.2.3. A lágyszárú biomassza főbb jellemzői	53
2.2.4. A biomassza-tüzelőanyagok hamujának főbb jellemzői	55
2.3. A szilárd biomassza tüzelésének gazdasági értékelése. Üzemtervezés	56
2.3.1. Biomasszatüzelés családi házaknál	56
2.3.2. A biomassza szerepe az intézmény- és távfűtésben	57
2.3.3. Biomasszatüzelés erőművekben	57
2.3.4. Bio-fűtőmű tervezése (energiaerdő-aprítékkal)	57
2.3.5. Bio-erőmű tervezése (energiaerdő-aprítékkal)	59
3. A BIOÜZEMANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK TECHNOLOGIÁI	62
3.1. A bioüzemanyagok jelentősége	62
3.2. A biohajtóanyagok külföldi és hazai szabályozása	69
3.3. A bioüzemanyagok csoportjai, bioetanol és biodízel előállítása	74
3.3.1. Első generációs bio-üzemanyagok	74

3.3.2.	Újabb generációs bio-üzemanyagok.....	76
3.3.3.	Alternatív üzemanyagok	80
3.3.4.	Bioetanol előállítás	84
3.3.5.	Biodízel-gyártás	95
3.4.	A bioüzemanyag-gyártás gazdasági értékelése. Üzemtervezés	99
3.4.1.	A bioüzemanyagok gazdasági értékelése	99
3.4.2.	Üzemtervezés	103
4.	A BIOGÁZELŐÁLLÍTÁS ÉS A BIOGÁZHASZNOSÍTÁS TECHNOLÓGIÁI	110
4.1.	A biogáztermelés általános bemutatása	110
4.1.1.	A technológiák közös jellemzői és berendezései	110
4.1.2.	Az anaerob lebontás jellemzői	112
4.2.	A biogáz-előállítás és -hasznosítás módjai.....	121
4.2.1.	Mezőgazdasági telepek biogáza	121
4.2.2.	Szennyvíz-telepeken történő biogáznyerés.....	122
4.2.3.	Depóniagáznyerés technológiája.....	125
4.2.4.	Biogáztisztítási eljárások.....	128
4.2.5.	A biogáz tárolása.....	131
4.3.	A biogáz gazdasági értékelése. Üzemtervezés	132
4.3.1.	Fűtési célú felhasználás	132
4.3.2.	Melegvíz-szolgáltatás biogázzal.....	133
4.3.3.	Lakások fűtése biogázzal.....	134
4.3.4.	Istállók fűtése	134
4.3.5.	Terményszárítás biogázzal	135
4.3.6.	Kapcsolt villamosenergia-termelés.....	136
4.3.7.	Bioüzemanyag és 'bioföldgáz'	139
4.3.8.	A biogáz előállítás során keletkező melléktermékek értékelése	147
4.3.9.	A biogáz értékelése.....	150
4.3.10.	Üzemtervezés	152
5.	BIOMASSZA-ENERGETIKAI TECHNOLÓGIÁK ESETTANULMÁNYAI	154
5.1.	Esettanulmány szilárd biomassza tüzelésére	154
5.1.1.	Nyugat-dunántúli hőszolgáltatási mintaprojekt	154
5.2.	Esettanulmányok folyékony bioüzemanyagok hasznosítására	155
5.2.1.	Bioetanolos projekt Kaposvárott.....	155
5.2.2.	A debreceni bio-üzemanyag-projekt: biodízel	157
5.3.	Esettanulmány biogázhasznosításra	162
5.3.1.	Biogas Rahm GbR és a Welzel üvegházak.....	162
	IRODALOMJEGYZÉK.....	164

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1.1. táblázat A biomassa alapanyagok és hasznosíthatóságuk.....	18
1.2. táblázat A biomassa felhasználásának jellemzői.....	18
1.3. táblázat A biomassa alapú energiaformák munkahelyteremtő hatása	19
1.4. táblázat Az egyes biomasszatípusok hasznosítása és azok környezetvédelmi prioritása.....	29
2.1. táblázat Az egyes termokémiai átalakítások légfeleslege, hőmérséklete és termékei	47
2.2. táblázat Tüzelőanyagként felhasználható biomassa elemi összetétele és tüzeléstechnikai jellemzői	49
2.3. táblázat Különböző fafajok égéshője tömegre [MJ/kg] és térfogatra [MJ/m ³] vonatkoztatva	50
2.4. táblázat Az átlagos összetétel alapján számolt fűtőérték változása a nedvességtartalom függvényében.....	50
2.5. táblázat A biomassa égési folyamatai	51
2.6. táblázat Fás tüzelőanyagok jellemző adatai	52
2.7. táblázat Lágyszárú tüzelőanyagok jellemző adatai	53
2.8. táblázat Lágyszárú tüzelőanyagok elemi összetételének jellemző középértékei	54
2.9. táblázat Tüzelési szempontból fontos elemek koncentrációja különböző biomasszaféleségek hamujában.....	55
2.10. táblázat Három előrejelzési módszer eredményei a biomassa-hamu összesülésére	55
2.11. táblázat Hőtermelő kazánok jellemző árintervallumai	56
3.1. táblázat Bioetanol energiahányadosa alapanyagok szerint, több forrás alapján.....	68
3.2. táblázat Hajtóanyagok legfontosabb jellemzői	84
3.3. táblázat A bioetanol előállítására alkalmazott alaptermotechnológiák	85
3.4. táblázat Különböző növényolajok fizikai-kémiai tulajdonságai és zsírsavösszetétele	96
3.5. táblázat A növényolaj-előállítás outputjai 1 t alapanyagra vetítve (kg)	97
3.6. táblázat A biohajtóanyagok önköltsége (USD/l) 2009-2011 2013-2014.....	102
4.1. táblázat A biogáz átlagos összetétele	110
4.2. táblázat Az 1-2. veszélyességi osztályba tartozó szerves anyagok sterilizálása	111
4.3. táblázat Állati szerves hulladékok osztályba sorolása.....	112
4.4. táblázat Termelési hőmérsékletek zónánként	113
4.5. táblázat Biogázreaktorok főbb jellemzői.....	115
4.6. táblázat Biogáz-előállítási eljárások összefoglalása.....	115
4.7. táblázat Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára.....	116
4.8. táblázat Egy számos állat által termelt energiatartalom naponta	122
4.9. táblázat A biogáztisztítási eljárások jellemzői.....	130
4.10. táblázat Gáztárolók csoportosítása nyomástartomány szerint.....	132
4.11. táblázat Melegvíz-szolgáltatás energiaszükséglete	133
4.12. táblázat A melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költségigénye földgáz esetén.....	133
4.13. táblázat A melegvíz szolgáltatás energiaszükségletének költségigénye biogáz esetén korrigált árral, illetve átlagértékkel.....	133

4.14. táblázat Lakóépületek hőszigetelés szerinti osztályba sorolása	134
4.15. táblázat: Fűtés biogáz-szükséglete.....	134
4.16. táblázat 1000db baromfi istálló biogáz szükséglete és költsége1.	135
4.17. táblázat Sertésnél egy számos állatra eső istálló fűtésének biogáz szükséglete és költsége.	135
4.18. táblázat Zöldtakarmány-szárítás biogázigénye	136
4.19. táblázat A búzaszárítás biogáz igénye és költsége	136
4.20. táblázat Biogázhoz használt különböző motorok és égetési eljárások.	137
4.21. táblázat A különböző bio-üzemanyagok 1 ha-ra vetített megtett km-ek száma.....	139
4.22. táblázat Biogáz lehetséges tisztítási költsége svéd példa alapján.....	142
4.23. táblázat A felszáráz biotrágya megfelelő végkomponens arányai	148
4.24. táblázat A biotrágya és a friss trágya összetétele	149
5.1. táblázat A bioetanol előállításának és felhasználásának gazdasági kulcsszámai	156
5.2. táblázat A kísérletekben mért fogyasztás-változások biodízel hatására (m.e.: l/100 km).....	158
5.3. táblázat Emisszió változás a különbözős keverékeknél a normál dízel üzeműhöz képest (%).....	160
5.4. táblázat Az emissziós értékek relatív szórása.....	160

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1.1. ábra A megújuló energiafajták hasznosításának lehetőségei	8
1.2. ábra A megújuló energiaforrások előállítási és átalakítási folyamatai	9
3.1. ábra A globális élelmiszerek és egyéb termékek árai, valamint a bioüzemanyag-gyártás alakulása	65
3.2. ábra Energetikai projektek munkaerő-igénye.....	69
3.3. ábra A cellulóz alapú bio-üzemanyag gyártókapacitások alakulása 2011-2013 között.....	78
3.4. ábra A bioetanol készítés sematikus vázlata cukornövények esetén	86
3.5. ábra Cukorrépa-anyagmérleg	87
3.6. ábra A bioetanol készítés (nedves őrlés) sematikus vázlata gabonanövények esetén	89
3.7. ábra Bioetanol-gyártás technológiai folyamata	90
3.8. ábra Alkohol-előállítás anyagmérlege búzából.....	90
3.9. ábra A biodízel-előállítás folyamatai	99
3.10. ábra Az olajár és a felhasznált mennyiség változása (2008-2014).....	100
3.11. ábra A globális olajtermelés, -fogyasztás és -készletezés ténytáblái és becslése (2009-2015).....	101
4.1. ábra A fermentációs folyamat sémája.....	112
4.2. ábra A hőmérséklet hatása az elérhető gázhozamra.....	114
4.3. ábra A hőmérséklet hatása a rothasztási időre	114
4.4. ábra A rothasztási idő és hőmérséklet összefüggése	115
4.5. ábra Függőleges erjesztő-állóhengeres	118
4.6. ábra Csőerjesztő-dugóáramú	118
4.7. ábra Száraz eljárás berendezései.....	118
4.8. ábra A biogáz-előállítás teljes technológiai folyamata.....	121
4.9. ábra A biogázhasznosítás elvi folyamata	124
4.10. ábra A gázhasznosítás elvi vázlata.....	127
4.11. ábra Gáztárolók biogázhoz.....	131
4.12. ábra A villamosenergia kereskedők értékesítési átlagára	138
4.13. ábra A biogáz tisztításának beruházási költségei.....	141
4.14. ábra A biogáz tisztítások működési költségei.....	141
4.15. ábra Európa energiainportja a felhasználás százalékában	142
4.16. ábra Földgázszállító Rt. vezetékhálózata 2005-ben.....	144
4.17. ábra Magyarország földgáz beszerzés és értékesítés 2004-2006	144
4.18. ábra A háztartási és nagyfogyasztói gázárak az EU-15-ben és Magyarországon	145
4.19. ábra A legjelentősebb gázársaságok átlagos gázárak 2004-2006 között	146
4.20. ábra Lakossági és nem lakossági földgáz átlagárak kompenzáció nélkül 1999-2007	147
4.21. ábra A biogáz és a földgáz átlagos villamos energia ára 2007-ben.....	151
4.22. ábra A biogáz és a földgáz értékesítési ára.....	151

1. A BIOMASSZA-ENERGETIKAI TECHNOLÓGIÁK ALAPJAI

1.1. A biomassza-energetika néhány energetikai tudnivalója

1.1.1. A megújuló energiaforrások rendszere

Megújuló energia alatt azokat az energiaformákat értjük, melyek ugyanonnan, ugyanolyan mennyiségben és minőségben ismételten kinyerhetők, vagy újratermelődésük rövid időn belül biztosított. Megújulásuk záloga a Napnak a Földre érkező energiája, mely elengedhetetlen termelődésük és felhasználásuk egyensúlyához.

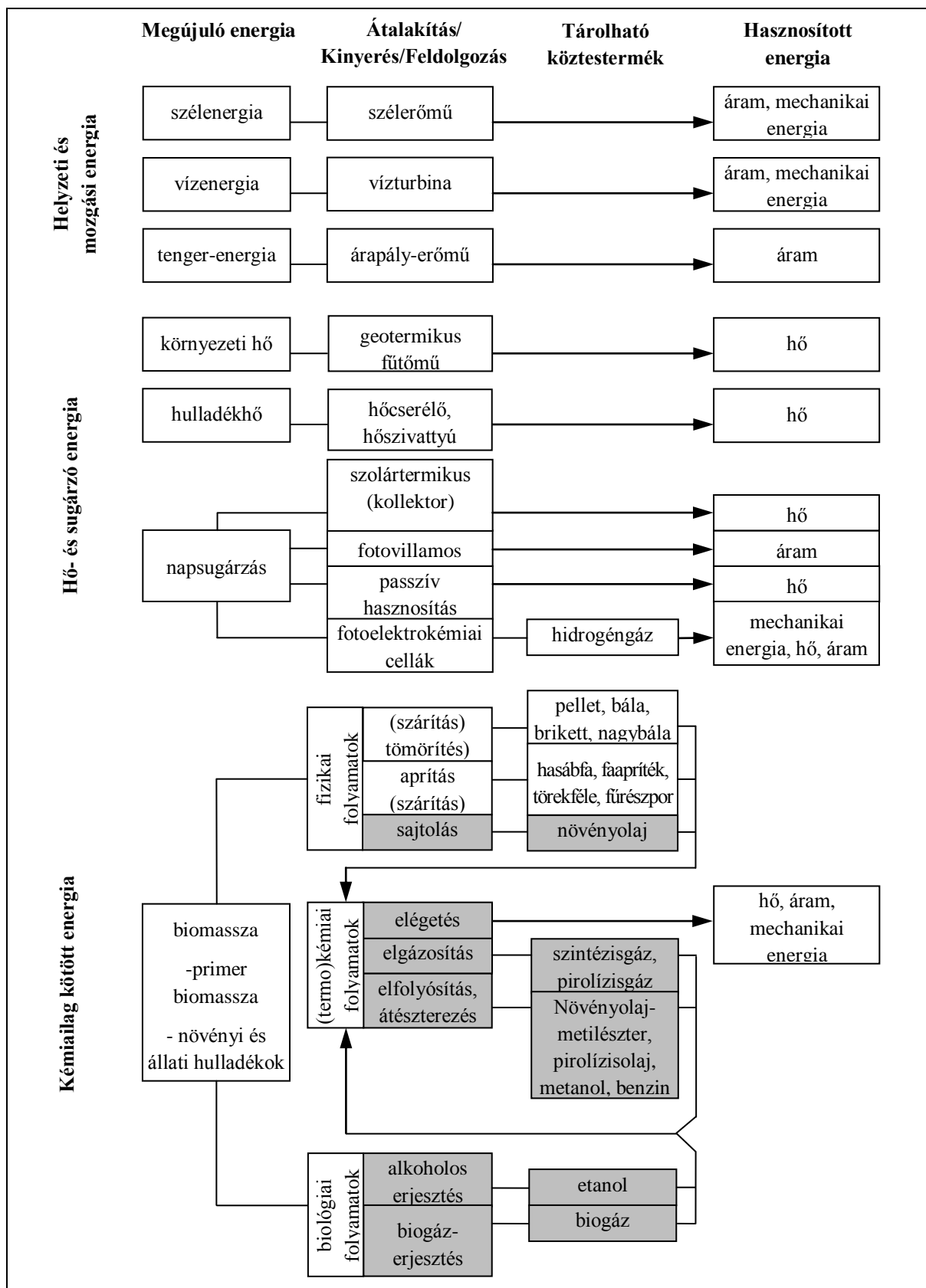
A földön hasznosított energiafolyamok három energiaforrásból származnak (1.1 ábra). A megújuló energia kínálatának legnagyobb forrása a nap által besugárzott energia. Ezt követi a földhő, melynek fajlagos energia sűrűsége lényegesen kisebb (pl. egy m² földfelszínre vonatkozó éves energiamennyiség), és az árapály-energia, amely a legcsekélyebb jelentőségű. Ebből a három forrásból különböző természetes átalakulások révén a Föld légkörén belül egy sor igen különböző energiafolyam jön létre. Így például a szélenergia, a vízenergia, a tengeráramlások energiája és a biomassza, mind a napenergia átalakított formája.



1.1 ábra A megújuló energiafajták hasznosításának lehetőségei

Forrás: Kaltschmitt, Hartmann (2001)

Még részletesebb áttekintést ad a megújuló energiaforrásokról, azon belül a biomassza alapú energiaforrások technológiáiról az 1.2. ábra.



1.2. ábra A megújuló energiaforrások előállítási és átalakítási folyamatai

Forrás: Szendrei, 2005a; Eichhorn (1999) ill. Hartmann és Strehler (1995) után

Amint az az előbbi ábrán is látható, a megújuló energiákból történő energiaátalakítás folyamatának összetettsége különböző lehet. A passzív (építészeti) napenergia-hasznosítással szemben a biomasszafelhasználás lépések sorából áll. Kezdetre a napenergia átalakítása biomasszává, amiből fizikai, kémiai vagy biológiai folyamatokat használó biomassza-energetikai technológiákkal nyerjük azokat a köztes termékeket (az ábrán szürke mezőkben), amelyek végül elégetéssel hasznosítunk.

A megújuló energiaforrások közös jellemzője, hogy fosszilis energiahordozók kiváltására alkalmasak, így módon megállíthatják a légkör CO₂ szintjének további növekedését; a kibocsátott anyagokat tekintve általában is környezetkímélőbbek; eredetüket tekintve pedig erőforrás-kímélők, nem csökkentik a Földön található készletenergiák szintjét. Ilyen energiaformák a nap-, szél-, víz- és geotermikus energia, valamint a biomasszából nyerhető energia. A megújuló energiaformák közt említhető a hulladékhő hasznosítása is, hiszen amíg az alapul szolgáló hőkibocsátó biológiai vagy technológiai folyamat működik, addig a folyamat során keletkező hulladékhő is újratermelődik (Schön, 1998 és Eichhorn, 1999). Ez utóbbi azonban úgy is felfogható, mint energiával való takarékoskodás – az emberi tevékenységek energiaveszteségének csökkentése.

A biomassza esetében a napsugárzás a növények segítségével a fotoszintézis folyamatában szerves anyaggá alakul át. A biomassza tehát - ellentétben a napenergia hasznosítás és a többi lehetőségétől - tárolt napenergia. A szolártermikus és fotovoltaiikus hasznosítás, szélenergia, a Nap által besugárzott energiával közvetlen összefüggésben vannak és emiatt teljesítményük ingadozhat. Ezek az ingadozások megnehezítik azok műszaki hasznosíthatóságát és járulékos tároló rendszereket igényelnek, a változó igények kielégítése érdekében.

Mindezen energiatípusok felhasználásában a vezérelv a fenntartható fejlődés, ami az ökonómia, az ökológia és a társadalmi teherviselés összhangjának koncepciója. Ezen belül a fenntartható energetika a versenyképesség, a környezet- és klímavédelem valamint az ellátásbiztonság harmonikus egysége, ami az eltérő adottságok miatt országoként eltérő stratégiákat eredményez.

- Versenyképesség: versenyképes (legkisebb költségű) energiahordozó árak, amelynek eszközei: európai és országos energiahordozó piac, verseny, európai földgáz- és villamosenergia-hálózatok; az energiatermelés határfokának növelése, „karbon-mentes” (CO₂-mentes) energetikai technológiák (tisztá szén, megújuló energiaforrások (alternatív tüzelőanyagok), nukleáris energia) alkalmazása kutatás-fejlesztéssel.

- Környezet- és klímavédelem: a globális CO₂- (és lokális károsanyag-) kibocsátás csökkentése, amelynek eszközei: CO₂-emisszió nemzetközi kereskedelme; energiahatékonyság javítása a hatékonyabb energiaigényekkel, jobb határfokú vagy kapcsolt hő- és villamosenergia-termeléssel; („karbon-mentes”) megújuló energiaforrások (alternatív tüzelőanyagok) és nukleáris energia alkalmazása kutatás-fejlesztéssel.

- Ellátásbiztonság: a (hazai és import) energiahordozók arányossága, amelynek eszközei: egységes EU és ehhez illeszkedő hazai energiapolitika, nemzetközi párbeszéd; beszerzési források diverzifikálása, a hazai (és EU források) előnyben részesítése; európai készletgazdálkodás (olaj, földgáz), energiátárolás.

1.1.2. Energetikai alapismeretek

Energiafajták az energiaátalakítás lépcsői szerint

Energia alatt Max Planck szerint egy rendszer azon képességét értjük, hogy külső hatásokat képes előidézni. Így mechanikai (helyzeti és mozgási), termikus-, elektromos-, kémiai, mag- és sugárzási energiát különböztetünk meg. A gyakorlatban ez a munkavégző képesség mechanikai/elektromos energia, hő és fény formájában jelenik meg. A kémiai, valamint a mag- és sugárzási energia munkavégző képessége csak mechanikai és/vagy termikus energiává átalakítva értelmezhető.

Energiahordozó alatt olyan anyagot értünk, amelyből közvetlenül vagy átalakítás után hasznos energia nyerhető. Az energiahordozókat az átalakítás foka szerint primer és szekunder energiahordozókra, illetve végenergia hordozókra lehet felosztani. A primer energiahordozók alatt azokat az energiaformákat értjük, amelyeken még semmilyen technikai átalakítás nem történt; pl. kitermelt kőszén, barnaszén, nyersolaj, nyers biomassza, szélenergia, napsugárzás, földhő. A szekunder energiahordozókat műszaki berendezésekben primer vagy másfajta szekunder energiahordozókból állítják elő; pl. kőszénbrikett, benzin, fűtőolaj, repceolaj, elektromos energia. Itt átalakítási és elosztási veszteségek merülnek fel. Végenergiahordozók (illetve végenergia) alatt a végfelhasználóval kapcsolatos energiaformákat értjük; pl. fűtőolaj vagy repceolaj, az olajkazan előtti olajtartályban. A végenergiahordozók szekunder esetleg primer energiahordozókból származnak, csökkentve az átalakítási és elosztási veszteségekkel.

Hasznos energiának azt az energiát nevezzük, amely a felhasználó berendezéseiben történt utolsó átalakítás után a mindenkor szükségesletek (pl. távfűtés, táplálékkészítés, információ, szállítás) kielégítésére használható. A hasznos energiát végenergia hordozókból nyerik, az abból való utolsó átalakításkor fellépő veszteségekkel csökkentve (pl. a faaprítéktüzelés veszteségei a hasznos hő előállításakor).

Ami egy ország, egy térség, egy vállalat vagy egy háztartás energiahordozó összetételét illeti, az energiahordozó-mérleg az elsődleges, a másodlagos és a vég(ill. hasznos)energiával együtt jellemezhető; egy ország esetében: a (hazai termelés és nettó import) primerenergia-felhasználásból (Gross Inland Consumption), villamosenergia-termelésből, valamint (tüzelőanyag és szektor szerinti) végenergia-felhasználásból tevődik össze.

Hazánk primerenergia-felhasználása importfüggésünket mutatja: Az import részaránya a primerenergia-felhasználásban 62 % (a nukleáris fűtőelemek figyelembe vételével 75 %). Nagyobb az olaj és gáz (80 %), kisebb a szén (40 %) részaránya, hazai forrásnak csak a megújuló energiaforrások (köztük a hulladékok) tekinthetők.

A végenergiát három szekunder energiahordozó (villamos energia, hő(hordozók), üzemanyag(ok)) elégíti ki. A végenergia-felhasználásban meghatározó a hő (57 %), kisebb az üzemanyag (26 %) és legkisebb a villamos energia (17 %) részaránya, míg primerenergiában 37 % (hő), 34 % (villamos energia), 17 % (üzemanyag). A szektorok

szerinti végenergia-felhasználás azt mutatja, hogy a háztartások és szolgáltatások együtt ma már nagyobb részarányt (52,6 %) képviselnek, mint a gazdasági tevékenységek.

A hasznos energia (becsülve a primerenergia 32 %-a, 372 PJ/év) három energiafajtára (nemzetközi átlagos részarányokkal) osztható:

- hajtás (20-25 %): 74-93 PJ/év (az üzemanyag évi adatával és a motorok átlagos hatásfokával (35 %) 68 PJ/év, valamint a villamos energia egy részével a kisebb érték körül),
- hő (60-70 %): 223-260 PJ/év (427 PJ/év, az átlagos hatásfok 52-60 %),
- világítás, információtechnika (5-10 %): 18-37 PJ/év.

A kibocsátott szén-dioxid évi mennyisége 2006-ban 61 Mt/év volt, a szekunder energiahordozók szerint számított kibocsátás 52,98 Mt/év, amelynek megoszlása: 39 % hő-, 32 % villamosenergia-termelés, 29 % üzemanyagok elégetése.

Energiafogalmak

Az emberiség számára rendelkezésre álló energiát energiabázisnak nevezzük. Ez a már megismert energiakészletekből és a meglévő, de még nem felfedezett energiaforrásokból áll. Az energiakészletek fosszilis és jelenlegi tartalékokból állnak. A fosszilis készletek a geológiai múltban biológiai és/vagy geológiai, illetve geofizikai folyamatok során képződtek. Ezen belül biogén fosszilis energiakészleteket (pl. szén, földgáz és kőolajlelőhelyek) és ásványi fosszilis energiakészleteket (pl. uránlelőhelyek energiatartalma, fúziós erőművek nyersanyagainak készletei) különböztethetünk meg. A jelenlegi készletek a jelenben képződnek biológiai és/vagy geológiai, illetve geofizikai és egyéb természetes folyamatok révén (pl. a biomassza energiatartalma vagy egy természetes víztározó tó vizének potenciális energiája).

Energiaforrások. Az energiaforrások egy igen hosszú (emberi mértékkel határtalan), geológiai méretekben véges időszakasz során szolgáltatnak energiaáramokat. Ezek a természetes, autonóm forrásokból egy fosszilis készletből folyamatosan és műszakilag irányíthatatlanul képződnek (pl. a Nap sugárzása).

Regeneratív vagy megújuló energiaforrások alatt azokat a primer energiákat értjük, amelyek folyamatosan ezekből az energiaforrásokból táplálkoznak és így - emberi mértékkel - kimeríthetetlennek, illetve határtalannak tekinthetők. Ilyen a Nap által sugárzott energia (napsugárzás), amely további megújuló energiaforrások sorát indukálja (pl. szél-, víz-, biomassza-energia). Ide tartozik még az árapály és a geotermikus energia is. A hulladékokban található energia csak akkor nevezhető megújulónak, ha a hulladékok nem fosszilis energiahordozók felhasználásából keletkeztek. Így például a mező- és erdőgazdálkodás vagy a háztartások szerves anyag hulladékai megújulók, a kőolajból előállított műanyagok hulladékai viszont nem.

Regeneratív energiának azonban csak a természetben előforduló megújuló primer energiák nevezhetők, a belőlük származó szekunder, vagy végenergia, illetve -hordozó nem. Például a megújuló energiaforrásokból (pl. faapríték, napsugárzás) műszaki

átalakítási láncsal nyert elektromos áram nem regeneratív, csak addig számolhatunk vele, amíg az energia-átalakító létesítmény üzemel. Hétköznapi értelemben azonban a megújuló energiákból nyert szekunder- és végenergia hordozókat is regeneratívnak vagy megújulónak nevezik.

Égéshő és fűtőérték

Mielőtt áttekintenénk a biomassza energetika technológiáit, szükséges néhány általános érvényű energetikai fogalmat tisztázni.

Az egységnyi tüzelőanyag teljes elégetésekor felszabaduló hőt égéshőnek nevezzük. Azoknál a tüzelőanyagoknál, amelyek hidrogént is tartalmaznak, tehát az égéstermék között a vízgőz is megtalálható, megkülönböztetünk E égéshőt és F fűtőértéket. Az égéshő annyival nagyobb a fűtőértéknél, amennyi hő szükséges a füstgázzal távozó víz elgőzölögtetéséhez.

$$F = \frac{E - 2,5(u + 9h)}{1 + u} \quad [\text{MJ/kg}] \quad (2.)$$

ahol:

u – nedvességtartalom [kg/kg]

h – hidrogéntartalom [kg/kg]

A szilárd és a folyékony tüzelőanyagok esetében a fűtőérték pontos értékei csak kalorimetriai eljárással határozhatók meg, azonban ismert összetétel esetén valamely tüzelőanyag hozzávetőleges fűtőértéke Dulong szerint az égéshő alábbi empirikus képletével is kiszámítható:

$$E = 34c + 142 \left(h - \frac{o}{8} \right) \quad [\text{MJ/kg}] \quad (3.)$$

ahol:

c – széntartalom [kg/kg]

h – hidrogéntartalom [kg/kg]

o – oxigéntartalom [kg/kg]

1.2. A biomassza-energetikában alkalmazott átalakítási módok

A rendelkezésre álló biomassza egy ellátási lánc végigfutása során igen különböző módokon nyerhet feldolgozást és végül felhasználást a kívánt energiaformában. Legegyszerűbb esetben például a lignocellulóz tartalmú biomassza mechanikai előkészítés (pl. aprítás, tömörítés) után közvetlenül elég egy tüzelőberendezésben. Számos felhasználás (például a mobil energiaelőállítás személy- vagy teherautó-motorban, az áramtermelés gázturbinával) esetén azonban hasznos, sőt néha nélkülözhetetlen, hogy folyékony vagy gáz formájú másodlagos energiahordozókat

állítsunk elő. A hasznos energiává való átalakítást így értéknövelő feldolgozási folyamatok előzik meg, amelyek során az energiahordozók egy vagy több tulajdonsága változik: javul az energiasűrűség, a kezelhetőség, a tárolási és szállítási tulajdonságok, csökken a felhasználás környezetterhelése, javul a fosszilis energiahordozók kiváltásának lehetősége vagy a maradványok értékesíthetősége.

A biomassa energetikai technológiák a jelen tananyagban alkalmazott felfogás szerint ott kezdődnek, ahol a szűken értelmezett biomassa ellátási lánc végződik, azaz az átalakító berendezésbe való bejuttatásnál. Ez az átalakító berendezés ill. rendszer vagy egy hasznosító berendezés (kazán, motor), vagy egy olyan berendezés, amely egy lényegesen módosult energetikai illetve tüzeléstechnikai tulajdonságokkal bíró energiahordozót állít elő. A szilárd tüzelőanyagnál például a biomassa-energetikai átalakítási technológia a kazánba vagy az elgázosító berendezésbe való bejuttatással kezdődik, egy növényolaj alapú üzemanyagnál pedig a préseléssel, mivel itt egy lényegesen más energiatechnikai tulajdonságokkal rendelkező másodlagos energiahordozójön létre.

1.2.1. A biomassa termokémiai átalakítása

A termokémiai átalakítás (elgázosítás, pirolízis és elszenesítés) során a szilárd bio-energiashordozók elsősorban hő hatására alakulnak át szilárd, folyékony és/vagy gázhalmazállapotú másodlagos energiahordozókká. Ennek célja egyrészt nagy energiasűrűségű, jól szállítható köztes termékek létrehozása, másrészt, sőt főként pedig jól meghatározott tulajdonságokkal rendelkező energiahordozók előállítása.

Az elgázosítás során a biomassa magas hőmérsékleten éghető gázokká alakul át, lehetőleg teljes mértékben. Ennek során a folyamatban a teljes égéshez szükséges oxigénszint allati oxigéntartalmú elgázosító anyagot (például levegőt) vezetnek be, amely által többek között a biomasszában lévő széndioxid szénmonoxiddá változik. Egyidejűleg a kiindulási anyag részleges égése révén előáll az a reakcióhő, amely szükséges az elgázosítási folyamat végbemeneteléséhez. A keletkező alacsony energiájú gáz kazánokban használható fel hőelőállításra és többek között gázmotorokban vagy turbinában áramelőállításra. Alternatívaként az előállított termék-gáz további átalakításokkal folyékony másodlagos energiahordozókká (pl. metanollá) is átalakítható, ami azután a blokkfűtőerőműveken kívül esetlegesen a közlekedésben is alkalmazható.

Pirolízis során szilárd szerves anyagok hő hatására, a lehető legnagyobb arányú folyadéknyerés céljából mennek át értéknövelésen ill. elfolyósításon. Az ilyen eljárás a biomassa pirolitikus lebontását (felbontását) veszi alapul, magas hőmérsékleten, oxigén kizárása mellett. Az így létrejövő folyékony másodlagos energiahordozók – amennyiben az ehhez szükséges technológia rendelkezésre áll – végül fűtőanyagként vagy motorok hajtóanyagaként alkalmazható energia (többek között villamos energia) ill. kapcsolt hő és energia előállítására.

Az elszenesítés során a szilárd biomassa termokémiai átalakításon megy át azzal a céllal, hogy a lehető legnagyobb szilárd termék kihozatait érjük el az alapanyagból. Ez is

egy módja a szerves anyag termikus lebontásának. A szükséges reakcióhő közben gyakran a nyersanyag részleges elégetése által biztosított. Az elszéneseítés ezek alapján nem különbözik alapvetően az elgázosítástól vagy a pirolízistől; a termokémiai átalakítás feltételei vannak úgy beállítva, hogy a szilárd reakció termékek aránya a lehető legnagyobb legyen. Az így nyert elszénesedett biomassza ezután megfelelő berendezésekben hőelőállításra használható. Alternatívaként az anyagi felhasználás is lehetséges (pl. aktív szénként).

1.2.2. A biomassza fizikai-vegyi átalakítása

Amennyiben a rendelkezésre álló biomassza olajtartalmú, fizikai és kémiai módszerekkel olajtartalmú folyékony energiahordozókat nyerhetünk. Ezek a folyamatok az olajtartalmú magnak az átalakító berendezésbe, például olajprésbe való bejuttatásával kezdődnek és a végenergia (növényolaj alapú üzemanyag) illetve a hasznos energia (pl. energia repceolaj-motorból) előállításával végződnek.

A fizikai-vegyi átalakítás eljárásaihoz tartozik az összes lehetőség, amellyel energiahordozót állítunk elő olajtartalmú biomasszából, például repce- vagy napraforgómagból.

Ennek során először is el kell választani a folyékony olaj fázist a szilárd fázistól. Ez mechanikus préseléssel is történhet, amelynél például a repceolajat a repcepogácsától, azaz a szilárd préselési maradványtól elválasztják. Alternatív vagy kapcsolódó módszer az olajtartalmú mag vagy az olajtartalmú présfogácsa olajtartalmának kivonására, ha oldószer segítségével vonjuk ki azt, majd az olajat és az oldószert desztillációval választják szét – ezután ún. extrakciós dara marad vissza, amelyet például anyagában, állati takarmánként lehet hasznosítani. Az így nyert növényolaj mind tiszta formájában, mind vegyi átalakítást követően növényolaj-metilészterként motorokban és fűtőművekben illetve hőerőművekben nyer hajtó- vagy tüzelőanyagként energetikai hasznosítást.

1.2.3. A biomassza biológiai átalakítása

A biológiai (biokémiai) átalakító eljárások során a biomassza átalakítása másodlagos energiahordozókká ill. vég vagy hasznos energiává mikroorganizmusok segítségével történik, vagyis biológiai folyamatokkal. Biokémiai eljárásnak számít az alkohol előállítása cukor, keményítő vagy cellulóz tartalmú biomasszából, valamint a biogáz előállítása anaerob fermentáció által.

Az alkoholos lebontás során a cukor, keményítő vagy cellulóz tartalmú biomassza (például élesztő segítségével) etanollá alakul, amit azután desztillációval illetve rektifikációval lehet elválasztani a törkölytől, végül abszolútizálással tiszta formában nyerhető ki. Az etanol ezután hajtó- vagy tüzelőanyagként motorokban vagy kazánokban alakul át vég- vagy hasznos energiává.

A szerves anyag anaerob fermentációjának, vagyis oxigén kizárásával történő lebontásának során a szerves anyag lebontása megadhatározott baktériumokkal egy

vízgőzzel telített keverékgázt, biogázt eredményez, amely körülbelül kétharmad részben metánból áll. Ezt azután egy esetleg szükséges előkészítést követően gázégőben vagy motorban égetik el energia hordozóként.

A komposztálás – aerob lebontás – során a biomassza a levegő oxigénjével hő felszabadulása mellett oxidálódik, szintén baktériumok segítségével. A felszabaduló hőt például hőszivattyú segítségével lehet kinyerni és alacsony hőmérsékletű hőként felhasználni.

A jelenleg vagy a jövőben fontos eljárások ismertetése mellett az olyan eljárásokat, amik a jövőben várhatóan kisebb jelentőségűek lesznek, csak említést nyernek. Ilyen például a depóniagáz-hasznosítás, ami a szelektív hulladékgyűjtés nyomán egyre inkább csökkenő jelentőségűvé válik. A rothadási illetve komposztálási folyamatokból keletkező hőt (aerob lebontás) szintén nem tárgyaljuk, mivel a hő itt inkább hulladék, mint hasznos termék, miután a legtöbb esetben nem használják.

1.2.4. A technológiák gyakorlati csoportosításban

A szerves anyagok végső energetikai hasznosításának illetve azt megelőző átalakításának eljárásai (melyekben a szilárd, folyékony vagy gázhalmazállapotú másodlagos energiahordozók jönnek létre), lehetnek tehát termokémiai, fizikai-kémiai és biokémiai eljárások. Ezek alapján gyakorlati csoportosításban a szilárd biomassza (közvetlen) hőhasznosítása, a folyékony bioüzemanyagok előállítása és a biogáz eljárás a legjelentősebb.

A szilárd biomassza energetikai hasznosítása a száraz növényi részek elégetésén alapul. A legelterjedtebb a közvetlen elégetés, de a termokémiai átalakításokból nyerhető másodlagos bio-energiához végső hasznosítási módja is ez. Számos gazdasági jellemző elemzése alapján legelőnyösebb a helyben fellelhető melléktermékek energetikai hasznosítása (Grasselli–Juhász, 2002), de sok esetben a fás- és lágyszárú energianövények felhasználása is kedvező eredménnyel járhat (Bai et al., 2002).

Az erdei, fás biomassza (dendromassza) melléktermékei az erdőszetből (primer biomassza): (1) az ipari választékok (rönk, egyéb ipari fa) kitermelése közben keletkező melléktermék, a tűzifa; (2) a fakitermelési hulladék (kéreg, darabos hulladék, gallyanyag); és (3) az állománynevelési melléktermék, kisméretű fa, gallyfa. A faipari feldolgozás melléktermékei (tercier biomassza): a fűrészpor és a finomforgács.

A mezőgazdaság primer (növénytermesztési) biomassza-hulladékai: a gyümölcs- és szőlőtermesztés, valamint a zöldfelületfenntartás fás hulladékai: nyesedék, venyige, hasábfá, illetve aprítékuk; a szántóföldi lágyszárúak melléktermékei: szálas anyag (szár, szalma), vagy kis részecskeméretű melléktermék (maghéj, dara, stb.). Ezek az egyébként veszendőbe menő anyagok nem lebecsülendő energiapotenciált képviselhetnek egy intenzív mezőgazdaságú területen (Juhász, 2004).

A lágyszárú energianövények közül hazai kísérletek az egynyáriak közül repce, rostkender, triticales, az évelők közül zöld pántlikafű, magyar rozsnok, energiafű, miscanthus (kínai nád) növényekkel folynak. A fásszárú energetikai ültetvények a

telepítési tőszámtól és az alkalmazott technológiától függően lehetnek energiaerdők vagy energiaültetvények. A telepítésükről hozott rendelet (45/2007. (VI.11.) FVM r.) szerint csak minősített szaporítóanyagot lehet használni a telepítésükhöz, az engedélyezhető alapfajok: nyár, fűz, kőris akác, éger, tölgy, dió és juhar. A sarjzatatásos ültetvény viszont csak nyár, fűz és akác fajokból telepíthető. Védett természeti, valamint Natura 2000 területen fehér akácot nem szabad telepíteni.

A biomassa energiaként való felhasználására a közvetlen hőhasznosítás a legolcsóbb eljárás. Felhasználásuk darabolva, aprítva, vagy tömörítvények (bála, biobrikett, biopellet) formájában történik. Biopellettel teljesen automatizált tüzelés is megoldható. A mai berendezésekkel a szalmatüzelés is reális alternatívája lehet a hagyományos energiahordozóknak (Kacz és Neményi, 1998).

A használatban lévő kazánok 90%-a vegyes tüzelésű, míg 10%-a speciális kazán; az előbbiek hatásfoka alig 60%, míg az utóbbiaké 90%. Az energiahasznosítás átlagosan tehát 64%-nak vehető (Gombos, 2004). Alkalmazása leginkább intézmények, meglévő távfűtészálzatok ellátására javasolható. Több példa van arra is, hogy szénttüzelésű erőműveket biomassa-tüzelésűvé alakítottak át (Borsodi, Pécsi, Ajkai Erőmű). Az átállást gazdasági okok motiválták: a szénerőművek környezetvédelmi előírásoknak megfelelő szűrőberendezésekkel való felszerelése többbe került volna, mint az átállás a biomasszatüzelésre. A legjobb megoldás azonban a kogeneráció és trigeneráció (villamos áram előállítása mellett hő, ill. hő és hideg előállítása), amely esetén az áram előállítása során keletkező hulladékhőt is hasznosítják (Grasselli–Szendrei, 2005b).

A folyékony energiahordozók elégetésekor a kémiai energiából hőenergiát, majd mechanikai energiát állítunk elő, amelyek mobil gépek hajtására is alkalmasak. A biomotorhajtóanyagokat benzinhez vagy gázolajhoz 5-30% arányban adva, esetleg egymással keverve, vagy önállóan használják fel (etanol, metanol, tercier butil alkohol; növényi olajok, illetve ezek észterezett változatai) (Barótfi, 1993).

A biodízelt magas olajtartalmú növényi termékekből, trigliceridek (növényi olajok, zsírok) átészterezésével, vegyi úton állítják elő. A növényi olajok közeli rokonságban vannak egymással és elvileg valamennyi alkalmas motorhajtó anyagok alapanyagának. Európában főként repcét és napraforgót, az USA-ban főként szóját, Délkelet-Ázsiában pedig olajpálmát használnak fel ilyen célra (Bai et al., 2002). Biodízelt használt sütőolajból, állati zsiradékból és olajtartalmú mikroszervezetekből is előállítható, vegyi úton szerves hulladékok és melléktermékek széntartalmából is szintetizálható (pl. SunDiesel). Megfelelő motorokban tiszta növényolaj is felhasználható hajtóanyagként.

Az alkoholok benzinmotorokban hasznosíthatók. Etanolt (etil-alkoholt) cukor, keményítő vagy cellulóz formájában nagy mennyiségben szénhidrátot tartalmazó növényekből készítenek erjesztéssel, illetve hidrolízis és fermentáció kombinációjával, majd pedig desztillációval. Dél-Amerikában cukornádat, az USA-ban kukoricát, Európában (Franciaországban) búzát használnak (Bai et al., 2002). Nálunk a cukorrépa, kukorica, burgonya, a kalászosok és a cukorcirok jöhet szóba alkohol előállítására (Kacz és Neményi, 1998). Metanolt (metil-alkoholt) termokémiai folyamatok révén állítanak elő. A metilalkoholt kedvezőtlen motorikus és korróziós tulajdonságai miatt motorhajtó anyagként nem használják, általában 5-15% arányban keverik a benzinnel; magas oktánszáma

növeli a motor kompresszióviszonyát. A metilalkohol üzemanyagcellában is felhasználható hidrogénforrásként.

A biohajtóanyagok előnye, hogy a legfontosabb fosszilis üzemanyagokat képesek kiváltani, ugyanakkor a jelenlegi árviszonyok mellett (még) nem versenyképesek. Gazdasági megítélésüknél hasznos melléktermékeiket (olajpogácsa, szeszmoslék) és foglalkoztatást növelő hatásukat is mérlegelni szükséges.

A biogáz eljárás előnye, hogy a gáztermelésen kívül alkalmas a trágya és számos állati eredetű veszélyes hulladék ártalmatlanítására. Az Európai Unióhoz történő integrálódás hatásaként egyre szigorodnak a környezetvédelmi előírások (Hagymássy, 2004; Oláh, 2004). A mezőgazdasági eredetű melléktermékek és hulladékok (Szendrei, 2005c) erjesztésével nyert kiejert anyag maga is értékes biotrágya, sőt, megfelelő feltételekkel akár gyógyszer alapanyagok is előállíthatók így. Az eljárás beruházásigényes, üzemeltetése szigorú technológiai fegyelmet igényel.

1.2.5. A felhasznált alapanyagok értékelése

A biomassza alapú energiatermelési módok gazdasági jellemzők alapján történő összehasonlításához a biomassza-féleségek három csoportba sorolhatók: a melléktermékek és hulladékok, az egyéves energianövények és a többéves energetikai ültetvények. Az anyagokból különböző eljárásokkal hőenergia, villamos áram, vagy hajtóanyag állítható elő. A hazánkban alkalmazottakat a 1.1. táblázat foglalja össze (Grasselli, 2004b).

1.1. táblázat A biomassza alapanyagok és hasznosíthatóságuk

Hasznosítás módja	Alapanyag és jellemzői
Közvetlen eltüzelés	alacsony nedvességtartalmú és magas fűtőértékű növényi anyag
Biobrikett	az előzővel megegyező és felaprított növényi anyag
Biogáz	bármilyen szerves anyag, megfelelő arányban összekeverve
Biodízel	olajtartalmú magvak, illetve hulladékok
Bioetanol	szénhidrát- (cukor, keményítő, cellulóz) tartalmú növényi termékek

Forrás: Grasselli, 2004b

A különböző alapanyagok és eljárások alkalmazásának mikrogazdasági szinten jelentkező előnyeit és hátrányait a 1.2. táblázat foglalja össze.

1.2. táblázat A biomassza felhasználásának jellemzői

Felhasználás jellemzői	Biomassza alapanyag		
	Melléktermék vagy hulladék	Energia- növény (egyéves)	Energia-ültetvény (többéves)

Biomassza felhasználása	közvetlen tüzelés	+	+	+
	biobrikett gyártás	+	+	+
	biogáz előállítás	+		
	biodízel előállítás	+	+	
	bioetanol gyártás	+	+	
Gazdasági jellemzők	Földhasználat	nincs	jó talaj	hosszú lekötés
	Alternatív költség	kicsi	közepes	nagy
	Költség és munkacsúcsok jellege	bálázás, szállítás, tárolás	a helyettesített növényvel megegyező	ápolás, betakarítás
	Pénzforgalom	folyamatos, ill. kicsi	gabona előtti betakarítás	költséges telepítés
	Költség- és munkacsúcsok	betakarításhoz kötött*	vetésforgótól függ	őszvégi / téli munkák
	Speciális eszközhasználat	nincs	van	van
	Energiakihozatal	közepes	gyenge	erős
	Rugalmasság	nagy	nagy	kicsi (10-20 év)
	Alkalmazható technológia megléte	van	van	fejlesztés alatt

Jelmagyarázat:	előnyös	semleges	hátrányos
----------------	---------	----------	-----------

Megjegyzés: *kivéve: folyamatosan keletkező állati és kommunális hulladékok

Forrás: Bai et al., 2002 alapján

A biomassza alapú megújuló energiaforrások társadalmi-gazdasági hatásai közül a munkahelyteremtő képesség kiemelten fontos. A munkahelyteremtő hatás számításainak eredményei a biomassza alapú megújuló energiaforrásokra a 1.3. táblázatban láthatók (részletesen: Grasselli, 2005; Grasselli-Szendrei, 2006b; Grasselli et al., 2006b, Grasselli-Szendrei, 2007a). A táblázatból megállapítható, hogy a munkahelyteremtő (illetve munkahelymegtartó) hatás nem kis részben az alapanyagtermelésnél jelentkezik, ami különösen a biogáztermelés esetén szembetűnő (itt ugyanis pótlólagos munkahelyekkel kevésbé számolhatunk, előnye főként a biogázüzem bevételei révén az állattenyésztésben megőrizhető munkahelyekben rejlik).

1.3. táblázat A biomassza alapú energiaformák munkahelyteremtő hatása

Jellemzők	Szilárd biomassza		Bioetanol	Biodízel	Biogáz
	sz	e	h	h	e
Hasznosítási forma	sz	e	h	h	e

Me.: fő/MW_{el}

Gyártás	0,4	11,5	4,9	2,8	18,1
Forgalmazás	0,03	0,9	0,4	0,2	1,4
Létesítés	0,3	9,2	4,0	2,2	14,4
Karbantartás	0,05	1,4	0,6	0,3	2,2
Üzemeltetés	0,3	10,0	0,6	0,6	2,0
Értékesítés		0,3	0,5	0,5	0,5
Alapanyag-előállítás	171,5	176,5	2,8*	9,3*	110,0*
Összes	172,6	209,7	13,8	15,9	148,6

Forrás: Grasselli-Szendrei, 2006c (Bai et al., 2002; Grasselli, 2004c; Schön, 1998; Magda, 2003; Vántus 2003 és 2004 alapján saját számítások)

Magyarázat:

hasznosítási forma: sz=szigetüzemű, e=erőmű (hálózatra kapcsolt), h=hajtóanyag;

munkahelyteremtés: *=munkahelymegtartó hatás

1.3. A biomassza-energetika külföldi szabályozása

1.3.1. Nemzetközi kötelezettségvállalások

A XX. század utolsó harmadának eseményei (pl. olajválság, öbölháború) nyomán megfogalmazódó aggodalmak, így az 1968-ban megalapított Római Klub jelentései közül Dennis L. Meadows (1972-es) „A növekedés határai” c. tanulmánya komoly mértékben hozzájárultak ahhoz, hogy megszülessen és a széles nyilvánosság előtt is teret kapjon a gondolat: a légkört szennyező, gyorsuló ipari növekedés nem folytatható határtalanul. Ezek nyomán nyilatkozatok és kötelező érvényű egyezmények is születtek, melyek vagy az energiafelhasználás, vagy a klímavédelem oldaláról ösztönzik a megújuló energiaforrások (azon belül a biomassza-energia) felhasználásának, illetve részarányának növelését.

Az ökológiai fenntarthatóságot szolgáló nemzetközi energetikai szabályozáshoz elsősorban az Energia Charta Egyezmény, valamint az energiahatékonyságról szóló Jegyzőkönyv, másodsorban az Éghajlatváltozási Keretegyezmény és a Kiotói Jegyzőkönyv kapcsolódik. Az utóbbiak a klímavédelmet, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését főként az energiaágazat zöldítésével szolgálják. Ezenkívül irányelv jellegű egyéb dokumentumok is szolgálják a nemzetközi együttműködést.

Az 1994-ben Lisszabonban aláírt Energia Charta Egyezmény (Energy Charter Treaty) az első nemzetközi megállapodás (az 1991-es hágai Európai Energia Charta után), amely a nemzetközi energetikai együttműködésnek (kereskedelem, tranzitszállítás, beruházás) biztosít jogi keretet. A megállapodás célja az energiaellátás biztonságának javítása, többek közt az energiatermelés és -felhasználás hatékonyságának támogatása és káros környezeti hatásainak csökkentése révén is.

Az energiahatékonyságról és a kapcsolódó környezeti vonatkozásokról szóló jegyzőkönyvet az Energia Charta Egyezménnyel egyidőben fogadták el. Ennek célja a

fenntartható fejlődést szolgáló energiahatékonysági politikák, keretfeltételek kialakítása, ezzel közvetve a megújuló energiák részarányának növekedése is.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye (UNFCCC, Framework Convention on Climate Change) volt az első, kifejezetten klímaváltozás elleni nemzetközi megállapodás, melyet az 1992-ben Rio de Janeiro-ban megrendezett „Környezet és Fejlődés” konferencián nyitották meg aláírásra, és 1994-ben lépett hatályba. A keretegyezmény célja megakadályozni az üvegházgázok légköri koncentrációjának növekedését, mielőtt károsítaná a Föld éghajlati rendszerét, annak érdekében, hogy a klímaváltozás ne fenyegetse az ökológiai rendszerek alkalmazkodóképességét, az élelmiszer-termelést és a gazdasági fejlődést.

A keretegyezmény aláírói ezért vállalják, hogy az üvegházgázok kibocsátási szintjét az 1990-es évre mérséklik. A cél megvalósítása során a feleknek érvényesíteniük kell a fenntartható fejlődés elve mellett például a közös, de differenciált felelősség elvét is, figyelembe véve a fejlődő országok korlátozott terhelhetőségét, hiszen igazságtalan az energiafelhasználás abszolút csökkentését követelni ott, ahol például a lakosság áramellátása sem megoldott. Az aláíró államok kötelesek ezenkívül az éghajlatváltozás mérséklésére helyi programokat tervezni, végrehajtani, kommunikálni illetve felülvizsgálni.

Az ehhez hasonló vállalásokon túl azonban a keretegyezmény konkrét kötelezettségeket nem tartalmazott, amit további tárgyalások során töltöttek ki részletesebb tartalommal. A kötelező csökkentési célokat már az ezt követő első, 1995-ös berlini megbeszélésen megpróbálták megfogalmazni, ami végül a harmadik ülészen, Kiotóban sikerült.

A Kiotói Jegyzőkönyvet 1997. december 10-én fogadták el. Ez az első jogilag kötelező megállapodást, amelyik az ipari, illetve átalakuló gazdaságú országok számára konkrét kibocsátás-csökkentési célokat határoz meg. Ebben 141, köztük 38 fejlett ipari ország kötelezettséget vállalt arra, hogy a 2008 és 2012 közötti időszakra az 1990-es szinthez képest legalább 5%-kal csökkentse az üvegházhatás kialakulásában szerepet játszó gázok kibocsátását. Az Európai Unió és Ausztrália 8, az Egyesült Államok 7, Kanada és Japán 6 százalékos vállalásával együtt az átlag 5,2 százalék lett. A Kiotói Jegyzőkönyv - hosszas tárgyalásokat követően - 2005. 02. 16-án lépett életbe. Magyarország 2002 júliusában csatlakozott az ENSZ által kezdeményezett nemzetközi klímavédő egyezményhez, 6%-os csökkenést vállalva (2008-2012-ig) a bázisidőszakhoz (1985-87-hez) képest.

A kötelezettségek teljesítésére a jegyzőkönyv számos intézkedést javasol, például az energiahatékonyság növelését, új és megújuló energiaforrások növekvő mértékű alkalmazását, az üvegházhatást okozó gázok kibocsátó ágazatban az adó-, vám, stb. kedvezmények megszüntetését. A nemzeti intézkedések mellett a felek a költséghatékonyabb teljesítés érdekében ún. rugalmassági mechanizmusokat is alkalmazhatnak. Ezek a rugalmassági mechanizmusok a következők: az együttes végrehajtás (Joint Implementation, JI), a tiszta fejlesztési mechanizmus (Clean Development Mechanism), a kibocsátási egységekkel való kereskedelem (Emission Trade, ET) és végül a közös teljesítés (Bubbling).

A vállalási időszak lejártával, 2012. decemberében a katarai Doha adott helyet a folytatás megbeszélésére. A dohai ENSZ-klímakonferencia döntése szerint még nyolc évig él az

eddiggi klímaegyezmény (bár abból Japán, Kanada, Oroszország és Új-Zéland időközben kivonult). Ezalatt kell elérni, hogy a legnagyobb szennyezők, az USA és Kína, valamint India és Brazília is vállalja a csökkentést.

A kötelező erejű egyezmények mellett több irányelv jellegű deklaráció született, melyek rugalmasabban és egyszerűbb eljárással létrehozva fogalmaznak meg célokat és elvárásokat, mint a nemzetközi szerződések.

Az ENSZ 1992-es riói Környezet és Fejlődés Világkonferenciáján elfogadott Agenda 21 (Feladatok a 21. századra) akcióprogram a légkör védelme kapcsán kiemelt célként említi a fenntartható fejlődés előmozdítását az energetikai fejlesztéseken keresztül (energiahatékonyság, energiafelhasználás felülvizsgálata, megújuló energiaforrások részarányának növelése).

Az ezredforduló alkalmával az ENSZ által elfogadott Ezredfordulós Deklaráció (United Nations Millenium Declaration) fejlesztési céljai (Millenium Devepolment Goals) feltételezik az energiaszolgáltatásokhoz való hozzáférés javítását.

Az Agenda 21 végrehajtásának felügyeletére a riói konferencián megalapították az ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottságát (Comission on Sustainable Development – CSD) is, az évenként ülésező bizottság a 2002-es johannesburgi konferenciáján az energia már központi kérdésnek számított. Az ún. végrehajtási terv (Johannesburg Plan of Implementation) az egyes kormányok illetve szervezetek részéről számos olyan ajánlás végrehajtását várja el, mint amilyen az alternatív energetikai technológiák fejlesztése és terjesztése.

1.3.2. Az Európai Uniós szabályozási és politikai keretek

Mivel a jelenlegi helyzet megváltoztatása nélkül egyrészt megnő az importfüggőség a Közösségen belül (olaj: Közel-Kelet, földgáz: Oroszország), másrészt a fosszilis energiahordozók környezetszennyezése is nő, ezért elengedhetetlen a fenntartható fejlődés érdekében a megújuló energiák versenyképessé tétele, párhuzamosan az import illetve az összes energia felhasználásának csökkentésével. Az Európai Unióban az energiahatékonyság növelésétől és a megújulóenergia-technológiák terjedésétől várják a megoldást a jelen és jövő energiaellátási problémáira. Az energiaellátás biztonsága, a környezeti fenntarthatóság és versenyképesség valamennyi EU-tagországban az energiapolitika fő pillérei. Ez a politika hosszú távon és minden tekintetben hozzájárulhat a növekedéshez és munkahelyek teremtéséhez Európában, valamint jelentős hatást gyakorolhat a nemzetközi kereskedelemben kereskedett termékekre és folyamatokra is, különös tekintettel az energiaintenzív iparágakra.

A megújuló energiaforrások európaszerte nagy mennyiségben megtalálhatók a napos déltől a vízben gazdag északig, a kiterjedt erdős területekben bővelkedő keletig és a nyugat szeles tengerpartjáig. Ez a döntő különbség a hagyományos energiaforrásokhoz képest, amelyeknek legnagyobb részét ma már politikailag labilis területekről kell beszerezni. Ahogy az Európai Bizottság is hangsúlyozza, a megújuló energiaforrások ma már egyre inkább hozzájárulnak az energiaellátás biztonságához, és csökkentik az behozatalra való rászorultságot, amely az elkövetkező években egyébként csak növekedne. Az uniós energiapolitikai és környezetvédelmi célok elérésének legfontosabb

eszközei az energiatakarékosság, az energiahatékonyság-növelés és a megújuló energiahordozók fokozottabb hasznosítása.

Az Európai Unió energiajoga az európai energiapolitika körvonalazódásával párhuzamosan alakult ki. Az európai energiapolitika gyökerei egészen a 20. század közepére nyúlnak vissza, amikor aláírták az Európai Szén-és Acélközösséget (ESZAK, 1951-2002), valamint az Európai Atomenergia-közösséget (EURATOM, 1957) létrehozó szerződéseket. Az energiapolitika stratégiai jellegéből adódóan azonban a tagállamok eredetileg a fentiekén túl nem biztosítottak a Közösségnek hatáskört ezen a területen. Az EU energiapolitikája a Lisszaboni szerződés hatálybalépéséig (2009. december 1.) tulajdonképpen anélkül működött, hogy erre bármelyik alapvető Szerződés kifejezett jogalapot adott volna, leszámítva az Európai Gazdasági Közösséget létrehozó szerződésben és az Európai Unió Működéséről szóló Szerződésben található általános érvényű előírásokat. Ez utóbbi ma már tartalmaz rendelkezéseket az egyes tagállamok energiaügyét mélyebben érintő közösségi jogalkotásra; az Unió és a tagállamok között megosztott hatáskörök alkalmazandók.

A kezdetben érinthetetlen területen bizonyos fokú áttörést az első olajválság hozott 1973-ban, aminek kezelésére az Európai Bizottság egy közös energiastratégiát dolgozott ki. Az 1974-ben Európai Tanács által is jóváhagyott, az energiatakarékossági politikák fejlesztéséről szóló határozat tartalmazta többek közt az olajimport csökkentését, az energiafelhasználás racionalizálását, a saját energiatermelés bővítését, a széntermelés stabilizálását, valamint a nukleáris energiatermelés szerepének erősítését, a válság kezelése azonban mégis főként tagállami szinten történt. A hetvenes években csökkent a fogyasztás és az energiatakarékossági programok is eredményesek voltak, ugyanakkor a nukleáris energia fejlesztése gazdaságilag és a zöldmozgalmak fellépése következtében politikailag is ellenállásba ütközött.

A második, 1979-es olajválság következtében ismét előtérbe került a közösségi energiapolitika megerősítésének igénye. Az 1980-as velencei csúcstalálkozón született határozat értelmében az energiafogyasztás növekedése a Közösségen belül nem haladhatta meg a gazdasági növekedés 60%-át.

Az Európai Bizottság által a belső piac teljessé tételéről 1986-ban kiadott Fehér Könyvben az energiafelhasználás racionalizálására és a szerkezeti átalakításra fektettek jelentős hangsúlyt, a problémák megoldásaként már felmerült az energiapiaci liberalizáció és az egységes belső energiapiac gondolata is. Felvetődött az állami támogatások ellenőrzése is az energiaszektorban, melyre több tagállam ellenzett, így e kérdésben kompromisszum nem született.

Az egységes energiapolitika újabb nagy lépése volt az 1991-es Európai Energia Charta, majd az 1994-es Európai Energia Charta Szerződés aláírása. Az 1991-ben létrehozott Európai Energia Charta keretek közé helyezte az energiaügyi kapcsolatokat, majd az 1995-ben létrehozott egyezményével, amely jogilag kötelező szabályokat tartalmazott az energiakereskedelem, a verseny és a befektetések területén, tovább fokozta az ellátás biztonságát.

Miután 1995-ben lejárt a nyolcvanas évek közepén indított program, a bizottság újra kidolgozta a jövőre vonatkozó energiapolitikai iránymutatásokat. Az EU energiapolitikájáról szóló 1995-ös Fehér Könyv fektette le az új hármas szempontrendszert: környezetvédelmet, ellátásbiztonságot és a versenyképességet. A hozzá kapcsolódó cselekvési keretprogram ösztönzi a megújuló és egyéb környezetbarát rendszerek hasznosítását.

A cselekvési terv végrehajtásához a jogi kereteket az 1996-os, a villamos energia belső piacára vonatkozó közös szabályokról szóló – azóta hatályon kívül helyezett – 96/92 EK irányelv, valamint a földgáz belső piacára vonatkozó közös szabályokról szóló 98/30 EK irányelv teremtette meg. A 96/92/EC direktíva a tagállamok energiapiacainak fokozatos megnyitásával, a határok átjárhatóságával liberalizálta az Unió energiapiacát, segítve a monopóliumok helyett a verseny piac kialakulását.

Az ezredfordulót követően felgyorsult a közösségi szintű jogszabályalkotás. Ennek eredményeként főként környezetvédelmi vonatkozású (pl. a megújuló forrásból származó energia használatának előmozdításáról szóló 2009/28/EK (RED: Renewable Energy Directive, megújuló energia irányelv) irányelv, a bioüzemanyagok használatának előmozdításáról szóló 2003/30 EK irányelv, 2006/32/EK irányelv az energiahatékonyságról és a kötelező energetikai szolgáltatásokról) valamint a villamosenergia-és földgáz piac teljes körű kinyitásáról rendelkező (2003/54 és 2003/55/EK) irányelvek születtek. Ez utóbbiak a liberalizációt már kiterjesztették a lakossági fogyasztókra is. Eszerint, a közületi fogyasztók 2004. 07. 01-től, a lakossági fogyasztók 2007. 07. 01-től választhatnak szabadon energiaszolgáltatót.

A 2005-ben elfogadott, energiahatékonysággal kapcsolatos Zöld Könyv, konkrét célkitűzések meghatározására szólított fel. (Az Európai Bizottság által készített Zöld Könyvek az Európai Tanács illetve Parlament által is elfogadott Fehér Könyvek illetve további jogalkotás megalapozását szolgálják). A legújabb energiai irányvonalakat közlő dokumentum az „Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért” című 2006-os Zöld Könyv.

Az európai energijog kodifikációjában mérföldkövet jelentett az Európai Uniót megreformáló Lisszaboni Szerződés 2007-es elfogadása illetve 2009-es hatálybalépése. Míg ugyanis korábban az elsődleges jogban szinte említés sem szerepelt az energiáról, az Európai Unió Működéséről Szóló Szerződés immár egy kifejezetten energetikai cikket (194.) is tartalmaz. Eszerint a belső piac létrehozása, illetve működése keretében, valamint a környezet megőrzésének és javításának szükségességére tekintettel az Unió energiapolitikájának céljai – a tagállamok közötti szolidaritás szellemében – a következők:

- az energiapiac működésének biztosítása
- az energiaellátás biztonságának garantálása az Unión belül,
- az energiahatékonyság és az energiatakarékosság,
- az új és megújuló energiaforrások kifejlesztésének előmozdítása;
- valamint az energiahálózatok összekapcsolásának előmozdítása.

A célok megvalósításához szükséges intézkedések azonban nem befolyásolhatják a tagállamok jogát az energiaforrások kiaknázására vonatkozó feltételek meghatározására, továbbá nem befolyásolhatják a tagállamok különböző energiaforrások közötti választását és energiaellátásuk általános szerkezetét. Ezekben a kérdésekben a Tanácsnak egyhangúan kell döntenie. Egyhangú döntéshozatalt és különleges jogalkotási eljárást alkalmazandó az elsősorban adózási természetű kérdésekben is. Ezek az előírások lényegében akadályozzák a komolyabb közösségi jogalkotást az energiapolitika terén (pl. karbon adó kivetését az energiatermékekre).

Bár egyre markánsabban körvonalazódik egy közös európai energiapolitika, ez a szabályozási terület alapvetően tagállami hatáskörben maradt. A villamos- és gázpiac liberalizációját a valóságban továbbra is akadályozták a vállalati összefonódások. Ennek felszámolása és a fogyasztók védelme érdekében az Európai Tanács és Parlament 2009 áprilisában elfogadta az új energia csomagot alkotó jogszabályait. Ennek keretében született meg a 2009/72 és a 2009/73/EK irányelv a villamos energia- és a földgáz belső piacára vonatkozó közös szabályokról.

Amint a fentiekből látható, az Európai Unió energijogában az energiafelhasználás csökkentését és a megújuló energiaforrások térnyerését ösztönző szabályzás csupán az egyik szelet, mellette még igen hangsúlyos az energiapiac liberalizálása. Ez utóbbi is hozzájárul ugyan áttételesen az energiafelhasználás csökkentéséhez, valamint a megújuló energiaforrások térnyeréséhez, célszerűbb azonban elsősorban az Európai Unió klíma-, valamint energiapolitikájának főbb célkitűzéseire és ezek kapcsolatára figyelemmel lenni.

Az Európai Unió stratégiai jellegű politikai dokumentumaiból egy világos kép rajzolódik ki a fenntartható fejlődéssel, klímaváltozással és energiapolitikájával kapcsolatos rövid és hosszú távú elképzeléseiről, valamint ezek kapcsolatáról. Az Európai Unió 2001-ben, Göteborgban elfogadott fenntartható fejlődési stratégiája a fenntartható fejlődés első számú fenyegetőjének a globális felmelegedést tartja. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, ennek megfelelően, az EU egyik központi célkitűzése. A klímavédelmi stratégia alapján az EU 2020-ra 20%-al szeretné csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását az 1990-es szinthez képest. Megjegyzendő, hogy az Unió akár 30%-os kibocsátás-csökkentést is vállalna, ha egy erre vonatkozó nemzetközi megállapodás születne a fejlett országok között. Mindez jelentős előrelépés lenne a Kiotói Jegyzőkönyv aláírásával 2012-re vállalt 8%-hoz képest. Ami a 2020 utáni elképzeléseket illeti, az Unió 2050-re 50%-al csökkentené az üvegházhatású gázok kibocsátását. Tekintettel arra, hogy az energia tehető felelőssé az EU-ban kibocsátott üvegházhatást okozó gázok 80%-áért, mind a klímavédelmi, mind a fenntartható fejlődési stratégia komoly szerepet szán ennek az ágazatnak. A kibocsátás-csökkentési célok teljesítése, az ellátásbiztonság, valamint a versenyképesség javítása érdekében az EU - energiahatékonysági cselekvési terve szerint - a primer energia felhasználását 20%-kal szeretné csökkenteni 2020-ra, míg ugyancsak ekkorra a megújuló energiaforrások részarányát a teljes energiafogyasztásban szintén 20%-ra szeretné növelni. Összességében tehát, az Európai Uniónak ez a "20-20-20"-as célkitűzése szolgálja jelenleg a fenntartható fejlődés érvényesülését.

A fenti politikát és célkitűzést szolgáló 2009/28/EK Megújuló Energia Irányelv (RED) mindenekelőtt abban jelent döntő fordulatot a korábbi szabályozáshoz képest, hogy arra kötelezi a tagállamokat, hogy bruttó energiafelhasználásuk egy meghatározott százaléka megújuló energiaforrásból származzon. A korábbi joganyagok csupán kötelező jelleg nélküli célértékeket deklaráltak, aminek az lett az eredménye, hogy a 2010-re tervezett 12%-os megújuló részarányt nem sikerült megvalósítani. A hatályos célkitűzés most a megújuló energia részarány növelése 20%-ra 2020-ra, az Európai Unió teljes bruttó energiafogyasztásában, ezen túlmenően a közlekedési ágazatban legalább 10%. A 20%-os célkitűzés az Európai Unió egészére vonatkozik, a tagállamokra a jogszabály melléklete azonban egyedi célértékeket is megfogalmaz. A gazdasági teljesítőképesség, a megújuló energia potenciál és kiotói vállalások eltérései miatt a nemzeti célkitűzések között jelentős különbségek vannak: egyes tagállamoknak (pl. Finnország, Svédország) alig, míg másoknak (pl. Egyesült Királyság, Luxemburg) előfordul, hogy több, mint tízszeresére kell növelniük a 2005-ös szinthez képest a megújuló energia részarányát. Ezzel együtt az Európai Bizottság által javasolt nemzeti célértékeket az Európai Parlament és Európai Tanács szinte módosítás nélkül elfogadta, a tagállamok hevesebb ellenállása nélkül. A nemzeti célértékek teljesítésének módját a jogszabály egyébként a tagállamokra bízta, azok kiválaszthatják a számukra szimpatikus ösztönzési formákat. A célok eléréséhez biztosítani szükséges megfelelő jogi (engedélyezési, energia-átvételi) környezetet és anyagi forrásokat is különféle támogatások formájában, illetve – korlátozott mértékben - az önmagukban versenyképes, fosszilis energiaforrásokra kivetett adók felhasználásával.

1.4. A biomassa-energetika hazai szabályozása

1.4.1. A magyar szabályozás alapjai

Magyarország energiahatékonysági, energiatakarékossági és megújuló energia politikája és szabályozása összetett képet mutat. A fenntartható energetikai szabályozás egyik fő pillérének tartott követelményt, az energiafelhasználás abszolút csökkentését a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia bár kimondja, sem a hatályos, sem a készülóban lévő energiasztratégia nem tartalmazza ezt. Ezzel amellet, hogy ellentmondás van Magyarország különböző stratégiáinak jövőképe között, nem biztosított az energiahatékonysági intézkedések esetleges nemkívánt visszahatásainak kiküszöbölése, amelynek eredményeképpen nőhet az ország teljes energiafelhasználása. (Ez nem összeegyeztethető azzal a ténnyel, hogy Magyarország ökológiai lábnyoma – hasonlóan az európai és világtrendekhez – meghaladta eltartó-képességének határait.)

Mivel az energiahatékonysági és energiatakarékossági célkitűzéseket szolgáló szabályozás nem maximálja az energiafogyasztását, így a különféle gazdasági (pl. állami támogatások, kedvezményes kamatozású hitelek), és közigazgatási (pl. minimális energiahatékonysági követelmények, energiatanúsítvány) eszközök összességében nem is csökkentik az energiafelhasználást. Ezt a statisztikai adatok is mutatják, ugyanis bár az ország energiaintenzitás folyamatosan csökken, hazánk teljes végső energiafelhasználása azonban növekvő tendenciát mutat. Ez csak részben köszönhető az energiahatékonyságot javító eszközöknek (energiacímkek, energiahatékonysági követelmények, kapcsolt energiatermelés támogatása), ugyanis a csökkenés a hatályos

jogi eszközök hatálybalépését megelőzően is megfigyelhető volt, mivel azonban Magyarország energaintenzitása jelenleg több mint kétszerese az európai átlagénak, minden eszközre szükség van ennek javításához.

A megújuló energiaforrásokra vonatkozó magyar szabályozás

Az értekezésnek ebben a részében a megújuló energiaforrások felhasználását ösztönző magyar szabályozás bemutatásával és ökológiai szempontú értékelésével foglalkozom. Ennek során a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos stratégiai célkitűzések ismertetését követően, három szektorra (villamosenergia-termelés, hőtermelés, közlekedés) lebontva vizsgálom a megújuló energiaforrások térnyerését ösztönző hazai szabályozást. Itt szeretném jelezni, hogy a téma feldolgozása – a dolgozat terjedelmi korlátai miatt - szükségszerűen leegyszerűsített, így az valamennyi megújuló energiaforrás sajátosságából adódó kérdések részletes bemutatása és elemzése (pl. a termálvízzel történő geotermikus energiahasznosítás és visszasajtolás; szélenergiakapacitás létesítésével kapcsolatos tenderszabályok, stb.) helyett inkább a megújuló energiaforrásból származó energia térnyerését ösztönző szabályozás főbb vonalaira koncentrálok.

Megújuló energiapolitikai célkitűzések Magyarországon

A megújuló energiaforrások részarányára vonatkozó stratégiai célkitűzéseket viszonyíthatjuk az uniós tagságunkból eredő kötelezettségeinkhez, valamint az ország megújuló energia potenciáljához. A 2009/28/EK irányelv alapján a megújuló energiaforrások részaránya 2020-ra el kell érje a 13%-ot az ország teljes bruttó energiafogyasztásában. A Nemzeti Energiastratégiában, illetve az ország Megújuló Energia Stratégiájában megfogalmazott célkitűzések illeszkednek ehhez az EU-követelményhez. A Nemzeti Energiastratégia ugyanis 2020-ra 14,65%-ra szeretné növelni a megújuló energiaforrások részarányát a primer-energiafelhasználásban, míg 2030-ra 20%-ra. A Megújuló Energia Stratégia 2020-ra ezzel összhangban 186,4 PJ-ra szeretné növelni a megújuló energiaforrások felhasználását. Ezen belül a villamosenergia-termelésben a megújuló energiaforrások felhasználása 2020-ban 79,7 PJ, a hőtermelésben 87,1 PJ, míg az üzemanyag-fogyasztáson belül a 19,6 PJ lenne. Ez azt mutatja, hogy a megújuló alapú hőtermelés a villamosenergia-termeléshez képest nem sokkal, de dominánsabb lesz.

Ami a hazai megújuló potenciálokat illeti, ez idáig nem készült egy, a megújuló energiaforrások kihasználhatóságát technológiai-, gazdasági-, társadalmi feltételek alapján vizsgáló potenciál felmérés. A meglévő becslések alapján (amelyek adatai 100-1300 PJ/év között szóródnak) azonban állítható, hogy Magyarország megújuló energiaforrások tekintetében gazdag ország, és akár a mai technológiai szint mellett is a primerenergia-felhasználás jelentős részét megtermelhetnénk velük. „Egy bizonyos határig tehát a kitűzött célok szabják meg a potenciált, vagy másképpen a rendelkezésre állás tekintetében a hazai lehetőségek nem képezik felső korlátját a felhasználásnak. A korlátot a gazdaságos, ésszerű és fenntartható kihasználás szempontjai, valamint a felhasználói

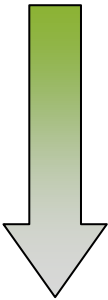
oldal lehetőségei jelentik.”[1] Vagyis a megfogalmazott célok igen szerénynek tűnnek a megújuló energiaforrások felhasználásának magyarországi lehetőségeihez képest. Ami a távolabbi jövőt illeti, a Nemzeti Energiastratégia egyébként egy 100%-os megújuló részarányt egyáltalán nem tart reálisnak, mert ezt - megfogalmazása szerint - csak az északi országok víz-, illetve szélerőműveiből, valamint Észak-Afrikából származó napenergia import mellett tartja elképzelhetőnek, ami azonban csak fenntartaná hazánk energiainport-függőségét. A magam részéről amellet, hogy elkerülhetetlennek tartom a teljes körű megújuló potenciál felmérést, egy kissé szkeptikusnak tartom a kizárólag megújuló energiaforrásokra épülő jövőkép teljes elvetését, különösen akkor, ha sikerülne jelentősen csökkenteni az ország energiaigényét. Ilyen körülmények között ugyanis csak és kizárólag megújuló energiaforrásokra támaszkodni nem csupán egy “álom”. A Nemzeti Energiastratégia jövőképe ehelyett elsősorban az atomenergia erőteljes jelenlétével számol, holott az atomenergia felhasználás növelése, amellet, hogy veszélyes, költséges, ezen felül igen lassú is, ugyanis még a fejlett ipari országokban is legalább egy évtizedre van szükség az atomreaktor építéséről szóló kormányzati döntéstől az áramtermelés megkezdéséig.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának stabilizálására már alig maradt idő, így az atomerőművek, mivel csak egy bő évtized múlva kezdik éreztetni hatásukat, éghajlatvédelmi szempontból későn “érkeznének”.

Bár környezetvédelmi szempontból önmagában a megújuló energiaforrásokra csak korlátozott mértékben építő energiastratégiát is aggályosnak tartom, az sem mellékes, hogy a cél megvalósításához melyik megújuló energiaforrást részesítik előnyben. Az energiastratégia szerint a villamosenergia-termelésben mindaddig, amíg nem oldják meg a villamos hálózat szabályozhatóságát, az időjárástól függő megújuló energiaforrásoknak (nap-, és szélenergia) csak korlátozott szerep juthat. A stratégia biomassza-, illetve biogáz-felhasználással, valamint a hulladék energetikai célú hasznosításával képzei el a 2020-ra megfogalmazott cél megvalósítását. A távhőtermelésben a biomassza és az anyagában nem hasznosítható hulladék mellett a geotermikus energiafelhasználásnak szán nagyobb szerepet, egyedi szinten azonban a napkollektorok és a hőszivattyúk térnyerését ösztönzi. Ami a közlekedési ágazatot illeti, itt elsősorban a bioetanol felhasználást részesíti előnyben, tekintettel arra, hogy a hazai körülmények elsősorban a bioetanol-előállításnak kedveznek. Mint látható, a Nemzeti Energiastratégia és Megújuló Energiastratégia a biomasszának szán kiemelkedő szerepet, azonban - tekintettel a biomassza negatív környezeti hatásaira – olyan szabályozási környezetet kellene teremteni, amely a biomassza egyes típusai között azok környezetre gyakorolt hatásai szerint is differenciál. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács összeállított egy olyan prioritási listát, amely éppen a környezetre gyakorolt hatásuk alapján állítja sorba az egyes biomassza-fajtákat (ld.: 1.4. táblázat).

¹ Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. Budapest, 2008. 50-51.

1.4. táblázat Az egyes biomasszatípusok hasznosítása és azok környezetvédelmi prioritása

Biomassza típusa és hasznosítási jellege	Környezetvédelmi prioritás
A biogáz és depóniagáz hasznosítása	
A mező- és erdőgazdasági melléktermékek decentralizált alkalmazása	
Erdei biomassza (tűzifa) lokális, decentralizált alkalmazása hőtermelésre	
Energetikai célú ültetvényeken termelt fás szárú biomassza alkalmazása hő-és villamos erőművekben	
Bioüzemanyagok gyártása és felhasználása	
Erdei biomassza alkalmazása hő-és villamos erőművekben	

Forrás: PÁLVÖLGYI, 2011.

Mint látható, a legkedvezőbb környezeti tulajdonságokkal a biogáz és depóniagáz hasznosítása rendelkezik, míg a legkedvezőtlenekkel az erdei biomassza alkalmazása hő- és villamos erőművekben. Ugyanakkor a táblázat azt is mutatja, hogy nemcsak a biomassza fajtájától, de annak hasznosítási módjától is függ a környezetre gyakorolt hatás. Így például egy 20 MW kapacitást meghaladó szalmaerőmű (pl. ilyen a korábban Szerencsre tervezett erőmű) hátrányosan érinti a környezetet, de kisebb méretben már pozitív lehet a megítélése. Vagyis környezetvédelmi szempontból csak úgy fogadható el a biomassza-felhasználás növelése, mint célkitűzés, ha ehhez megfelelő szabályozási környezet is társul.

Összegezve tehát, Magyarországnak a megújuló energiaforrások felhasználásával kapcsolatos célkitűzései illeszkednek az uniós jogba, azonban a célkitűzések (hosszú távon) igencsak szerények az elméleti lehetőségekhez képest, és azok elérését az Országgyűlés a CO₂-kibocsátás semlegesség és biodiverzitásra gyakorolt hatása tekintetében megkérdőjelezhető biomassza-hasznosítással képzei el. Ez nem túlzottan kreatív, bár kétségtelenül a "legolcsóbb" és legegyszerűbb megoldás.

1.4.2. Hőtermelés

Hazánkban a végső energiafelhasználás több mint felét hőigények ellátására fordítják [2]. A hőigények háromnegyedét az épületfűtés (-hűtés) és a használati melegvízkészítés teszi ki (330 PJ), ami mellett csak kisebb arányt képvisel az ipar technológiai hőigénye (92 PJ). A fűtés és melegvízellátás jellemzően a fogyasztóknál, decentralizált módon történik, többnyire földgáz felhasználásával. A megújuló energiaforrások közül elsősorban a biomassza (túlnyomórészt tűzifa) és kisebb mértékben a geotermikus energia felhasználása jellemző. Mint láthatjuk, a hőigények jelentős részét képezik az ország teljes energiaigényének, de mivel ezek kielégítése döntően háztartási szinten és földgázra alapozva történik, így azok az eszközök (elsősorban az átvételi kötelezettség), amelyek a

² 2005-ös adat. Forrás: Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. Budapest, 2008. 28.

megújuló energiaforrások térnyerését ösztönzik a villamosenergia-termelés terén, itt már csak korlátozott mértékben alkalmazhatók, tekintve, hogy a távhőellátás műszaki adottságai miatt itt nem beszélhetünk országos hálózatról. Ez azt jelenti, hogy ahhoz, hogy az előbb vázolt hazai feltételek között a 2006. évi 36 PJ-hoz képest 2020-ra 87,1 PJ-ra³] növekedjen a megújuló energiaforrások részaránya a hőtermelésben (mint ahogy azt a Nemzeti Energiastratégia előírja), a szabályozási környezet átgondolása és fejlesztése szükséges. A következőkben mindenekelőtt ezt a szabályozási környezetet térképezem fel, majd azt követően vizsgálom a fejlesztés lehetséges irányait.

A megújuló alapú hőtermelést ösztönző és befolyásoló eszközök Magyarországon 248

A megújuló alapú hőtermelést jelenleg az európai uniós tagállamok többségéhez hasonlóan beruházási támogatásokkal ösztönzi az ország, ami – mint arra már utaltam – a hőenergia piac decentralizált jellegéből adódik elsősorban. Az átvételi kötelezettség kiterjesztése a megújuló alapú hőtermelés fokozására, bár elméletileg lehetséges és Nagy-Britanniában láthatunk is rá példát, azonban Magyarországon ez nem valószínű, hiszen az egy jól kiépített távhőellátási infrastruktúrát igényelne. A beruházási támogatások mellett, a megújuló alapú hőtermelést az engedélyezési eljárások összetettsége és költségessége szintén befolyásolja. Így az alábbiakban a szabályozási környezet „térképéről” ezeket emelem ki.

Beruházási támogatások

A beruházási támogatás célja, hogy a felhasználók számára vonzóbbá tegye a megújuló energiát hasznosító megoldásokat a technológiák magas kezdeti költségének ellensúlyozásával. Ahhoz, hogy a beruházási támogatások valóban betöltsék funkciójukat hazánkban, lehetővé kell tenni, hogy ezekre a forrásokra magánszemélyek (is) pályázhassanak, továbbá biztosítani kellene egy folyamatos, kiszámítható és megbízható támogatási környezetet. Az első feltételnek a szabályozó azzal tesz eleget, hogy a CO₂ kvótakereskedelemből származó bevételekből lehetővé teszi a lakossági megújuló energiaforrásba történő beruházások támogatását. Ez legutóbb az ún. Zöld Beruházási Rendszer Mi otthonunk felújítási és új otthon építési alprogram keretében történt, de a dolgozat lezárásáig nyilván (remélhetőleg) más ehhez hasonló pályázatot is írnak még ki. A többi feltételnek sajnálatos módon ezek a pályázatok nem mindig felelnek meg. Először is rendszertelenül írják ki azokat, viszonylag kis kerettel (az utóbbi időszakban majdhogynem két évig csak ígérek voltak erre nézve), másodsor a pályázók gyakori tapasztalata, hogy halogatják a kifizetéseket. Ezek komoly problémák, tekintve, hogy azokat, akik ilyen források bevonásával képzelik el az energetikai beruházás megvalósítását, ezek a „rémhírek” elijeszthetik nemcsak a támogatás igénybevételeitől, de magától a beruházástól is. A támogatás intenzitása a teljes beruházási költség 40%-a körül mozog általában, s az odaítélés feltétele, hogy a beruházással érintett épület energetikai besorolásának legalább három energetikai kategóriát kell javulnia, és legalább a B (esetenként az A, vagy az A+) kategóriát el kell érnie.

³ Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. Budapest, 2008. 58.

A támogatás azonban a megújuló energiaforrások között nem differenciál, így a beruházók maguk dönthetnek a körülményekhez leginkább illő megoldásról. A megújuló energiaforrás kiválasztásánál nagyon sok szempont lehet döntést befolyásoló tényező: a berendezés ára, minősége, hatásfoka, a termelt energia állandó, vagy időjárási körülményektől függő jellege, a munkálatok elvégzéséhez szükséges „felfordulás” mértéke (gondoljunk például a talajkollektoros hőszivattyúra, amely már meglévő épületnél az egész kert felásását igényli), stb., ezért lehetséges, hogy nem célszerű a jogalkotónak ilyen szinten beavatkoznia. Ebben az esetben azonban, mivel nagy a valószínűsége annak, hogy a lakosság a dráguló földgáz kiváltására áll majd tűzifa égetésére, biztosítani kellene, hogy csak fenntartható módon termelt és jogszerűen kitermelt faanyagot lehessen beszerezni. Az igazat megvallva, ez egy nagyon kényes kérdés, hiszen a probléma az ország több pontján adott: komoly méreteket ölt az illegális fakivágás, és a jelenlegi szabályozási környezet nem alkalmas a tendencia megfékezésére. Kössük származási garanciához a favásárlást? A kérdés költői, mert csak egy újabb bürokratikus és betarthatatlan követelmény lenne - valószínűleg. Az erdőgazdálkodási bírság fizetésére kötelezés jó megoldásnak tűnik, ha nincs a faárut szállítónál szállítójegy, de a jogintézmény működőképességét csak a gyakorlati visszajelzések igazolhatják. Ilyenek pedig, mivel igen friss követelményről van szó, még nincsenek.

Kötelező megújuló energia részarány a háztartási hőellátásban

A beruházási támogatás lényegében gazdasági ösztönző, azonban a megújuló energiaforrásra épülő hőtermelés részarányának emelkedése (mint ahogy azt spanyolországi, olaszországi, vagy németországi példák is mutatják) hagyományos közigazgatási módszerekkel is biztosítható. Ezt az eszközt Magyarországon nem alkalmazzák, holott itt egyszerűen arról van szó, hogy a jogalkotó kötelezővé teszi valamilyen megújuló energiaforrás alkalmazását a (jellemzően háztartási szintű) hőtermelésben. Ennek a megoldásnak az előnye, hogy biztos, kiszámítható befektetői környezetet teremti, és nem igényel költségvetési ráfordításokat.

A kötelezettség irányulhat kifejezetten csak az új épületekre (ahol rendszerint olcsóbb valamilyen megújuló energiaforrásra való teljes vagy részleges áttérés) vagy új és felújításra kerülő épületekre egyaránt; lehet technológia-specifikus (ahol a jogalkotó az adott országban preferált megújuló energiaforrás típus alkalmazását várja el), vagy nem technológia-specifikus (amelyik megoldás inkább tekintettel van az épület egyedi sajátosságaira); végezetül különbséget lehet tenni a kötelezettség mértéke között is, amely 15 és 70% között is mozoghat energiatípustól függően. Környezetvédelmi szempontból az lenne a kedvező, ha ilyen kötelezettséget mind az új, mind a felújításra kerülő épületekre nézve előírnának, de az alkalmazandó megújuló energiatípus megszabása nélkül. A szabályozás természetesen lehetne fokozatos, azzal, hogy először az új, majd néhány évvel később a felújításra kerülő épületekre is kiterjedne a hatálya. A kötelezettség mértéke sem utolsó szempont, ami - a német szabályozáshoz hasonlóan - technológia típustól függően alakulhatna.

Ennek a szabályozási módszernek az alkalmazása sokkal hatékonyabb a beruházási támogatásokhoz képest, hiszen a magától értetődő piacfejlesztő hatása miatt gyorsabban érheti el a célját. Ráadásul az EU szabályozása is ebbe az irányba tart, hiszen RED

irányelv kifejezetten ösztönzi, hogy a tagállamok 2014. december 31-ig kötelező megújuló-részarányt fogalmazzanak meg építési szabályzataikban. Természetesen a két eszköz (pénzügyi támogatás, kötelezés) egymás mellett is alkalmazható, sőt ez így lenne a leghatékonyabb, mint ahogy azt az „okos szabályozási modell” (smart regulation) is javasolja. Ugyanakkor még a párhuzamos alkalmazás mellett sem nélkülözhető a környezeti korlátok beépítése a megújuló energiaforrások hasznosítását ösztönző szabályozásba (pl. a biomassza felhasználásánál fenntarthatósági kritériumok, termálvízre alapozott geotermikus energiahasznosításnál visszasajtolási kötelezettség, stb.)

Engedélyezési rendszer

A háztartási méretű megújuló energia hasznosítás engedélyezése a megújuló energia típusától függően alakul, így például míg a napkollektor engedély, illetve bejelentés nélkül felszerelhető, addig a talajkollektoros-, a talajszondás hőszivattyúk már a bányakapitányság építési és használatbavételi engedélyéhez kötöttek. A talajszondás és a víz-víz típusú hőszivattyú engedélyhez kötöttségét a magam részéről támogatom (az előbbi a mélyfúrás kockázata, az utóbbit a vízkinyerés és visszapótlás miatt), azonban nem látom értelmét, hogy 2010-től a talajkollektorokra is kiterjesztették az engedélyezési kötelezettséget, az véleményem szerint csak egy újabb létesítési akadályt jelent. Az Energiaklub által készített tanulmány a víz-víz típusú hőszivattyúk tekintetében arra a problémára is felhívja a figyelmet, hogy mivel a vízbázis-területek és azok védőterületei nincsenek jogszabályi szinten meghatározva, csak az engedélyezési eljárás megindulását követően derülhet ki, hogy a vízbázis érintettsége miatt nem valósítható meg a létesítmény. Mivel a magyar lakosság általában (joggal) tart a hatósági ügyintézésről, ezért a beszerzendő engedélyekről és azok megszerzésének feltételeiről ugyanúgy tájékoztatni kellene a lakosságot, mint általában az otthonokban alkalmazható megújuló energiaforrások előnyeiről.

A háztartási méretek felett az engedélyezési eljárás – hasonlóan a villamosenergia-termeléshez – már itt is bonyolultabb. Amennyiben távhőellátás céljára épül a megújuló energiaforrást hasznosító létesítmény, úgy a mérettől és energiatípustól függően itt is szükség lehet valamilyen környezetvédelmi engedélyre (környezetvédelmi engedély, egységes környezethasználati engedély, esetleg vízjogi engedély), a távhőtermelő létesítmény létesítéséhez és működéséhez a MEH engedélyére (ehhez szükséges a távhőszolgáltatóval kötött kereskedelmi szerződés is), építési engedélyre. A kizárólag hőtermelési energetikai célt szolgáló biomassza-létesítmények építési engedélyezése tekintetében különös problémát jelent, hogy a jogszabályok az üzem egyes részei tekintetében párhuzamosan két építésügyi hatóságot jelölnek ki. Az üzemnek a hőtermelési és hőszolgáltatási berendezés védelmét közvetlenül szolgáló építményrésze tekintetében a 320/2010. (XII.27.) Korm. rendelet a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatalt jelöli ki hatáskörrel rendelkező építésügyi hatóságnak, egyéb építményrészek tekintetében pedig az általános szabályok szerint a 343/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet az önkormányzat jegyzője jelöli ki. Ez a jogszabályi környezet a beruházók számára a több elemből álló, mégis műszakilag egységet képező létesítmény építésügyi engedélyezése tekintetében párhuzamos építésügyi engedélyezést tesz szükségessé, ahol a két külön hatósági eljárás indokolatlan bürokratikus terhet – különös tekintettel a párhuzamosan

folyó eljárásban a két építésügyi hatóság közötti kapcsolattartásra – eredményez. A túlbonyolított építési engedélyezési eljárást, a jogszabály-módosítások ellenére, továbbra sem egyszerűsítették, holott valóban indokolatlan és praktikátlan követelményről van szó.

1.4.3. Közlekedés - bioüzemanyagok

Európai uniós eredetű kötelezettség, hogy 2020-ra a megújuló energiaforrásokból előállított energiának a közlekedés valamennyi formájában felhasznált részaránya a közlekedési célra felhasznált végső energiafogyasztás legalább 10%-a kell legyen. Bár – mint azt már többször is említettem – önmagában a bioüzemanyagok (különösen az elsőgenerációs bioüzemanyagok) használatának az ösztönzése is egyértelműen megkérdőjelezhető (tekintve, hogy több ökológiai kárral fenyeget, mint előnnyel), egy-két mondatban mindenféleképpen össze kell foglalnom, hogy Magyarország milyen eszközöket alkalmaz e célkitűzés megvalósítására. Ezt követően azonban arra helyezem a hangsúlyt, hogy megvizsgáljam a bioüzemanyagokkal kapcsolatos fenntarthatósági kritériumokat.

A bioüzemanyagok felhasználásának ösztönzése

A bioüzemanyag jellemzően biomasszából előállított, járművek hajtóanyagaként vagy ezek keverőkomponenseként felhasznált termék. Azt, hogy konkrétan mi minősül bioüzemanyagnak, a fenntartható bioüzemanyag-termelés követelményeiről és igazolásáról szóló 343/2010 (XII. 28.) Korm. rendelet sorolja fel. Ebben a felsorolásban találhatunk első- és ún. másodgenerációs bioüzemanyagokat is. Az ilyenfajta megkülönböztetést a szakirodalom használja, és bár többféle megközelítéssel is találkoztam, a két csoport között az elhatárolási szempont lényegében az, hogy míg az elsőgenerációs bioüzemanyagok (pl. bioetanol, biodízel) alapanyagát gyakorlatilag élelmezésre is fordítható termékek (pl. kukorica, repce, cukorrépa, napraforgómag, stb.) képezik, addig a másodgenerációsok ún. nem élelmiszer alapú (non-food) bioüzemanyagok (pl. butanol; BTL, stb.).

Ezek alapanyagai lehetnek például különféle mező-, ill. erdőgazdasági melléktermék (pl. szalmaszár, kukoricaszár, stb.), hulladékok, algák, stb., amelyekből általában jóval költségesebb üzemanyagot gyártani, mint az élelmiszer jellegű nyersanyagokból. Ebből kifolyólag a másodgenerációs bioüzemanyagok előállítása még kevésbé versenyképes a fosszilis üzemanyagokhoz képest, így az elsőgenerációs bioüzemanyagokhoz mérten is több támogatásra szorulnak. Környezetvédelmi szempontból a másodgenerációs bioüzemanyagok elfogadhatóbbak. Ezek gyártásával, illetve az alapanyag termesztésével járó üvegházhatású gázkibocsátás ugyanis jóval kevesebb, mint elsőgenerációs társaik tekintetében, ráadásul közvetlenül nem vetekszenek az élelmiszertermeléssel sem. Azonban a másodgenerációs bioüzemanyagok alapanyagait is fenntartással kell kezelni, mert például a kifejezetten energetikai célra termesztett növények konkurálhatnak a hagyományos növénytermesztést szolgáló területhasználattal. Így adott esetben értékes termőföldeket használhatnak energianövények termesztésére, vagy éppen újabb, korábban nem mezőgazdasági célra használt területet foglalhatnak el (pl. természetközeli állapotban megmaradt területek). A veszély enyhíthető, ha az energianövényeket például vetésforgóban termesztik a hagyományos élelmezést szolgáló növényekkel, vagy

kifejezetten rossz minőségű földterületekre ültetik. Azonban még így is fennállnak az intenzív mezőgazdasági termeléssel járó környezeti kockázatok, mint például a talaj, a víz károsodása, vagy a biológiai sokféleség csökkenése. Éppen ezen okokból kifolyólag tartják úgy, hogy a bioüzemanyagok támogatása több kárral, mint előnnyel fenyeget. Ennek ellenére mind az európai, mind a magyar jogalkotó ösztönzi a felhasználásukat.

Magyarországon 2007-ig a bioüzemanyagok jövedéki-adómentességet élveztek, azóta azonban a jogalkotó a gazdasági ösztönzésnek erről a módjáról fokozatosan "keményebb" eszközökre váltott annak érdekében, hogy teljesíteni tudja a vonatkozó célkitűzéseit. Így jelenleg minden üzemanyag-forgalmazó – tisztán vagy bekeverve – köteles bioüzemanyagot forgalomba hozni úgy, hogy az általuk havi szinten forgalomba hozott bioüzemanyag mennyisége elérje a kötelező bioüzemanyagrészaránynak megfelelő mennyiséget. Ez benzin esetén 3,1%, gázolaj esetén 4,4%. Amennyiben a forgalmazó nem tartja be ezt a követelményt, és kevesebb bioüzemanyagot hoz forgalomba, úgy a vámhatóság bírságot szab ki rá. A bioüzemanyag-ellátásban bekövetkező válsághelyzet esetén a bírság mértékét a vámhatóság mérsékelheti. Az ilyen válsághelyzet tényét, valamint annak kezdő és befejező időpontját az energiaügyekért felelős miniszter rendeletben állapítja meg.

Tanulmányok szerint a 10%-os bioüzemanyag felhasználás eléréséhez szükséges hazai alapanyagok rendelkezésre állnak, azonban a feldolgozói kapacitás – bár a kötelező bioüzemanyag-részarány előírásával a helyzet javult – a támogatási környezet elégtelensége miatt szűkös. Ez azt eredményezheti, hogy a forgalmazók a kötelezettségüknek nem hazai, hanem import bioüzemanyagból tesznek majd eleget.

A támogatási környezet azért elégtelen, mert míg a bekeverési kötelezettség a bioüzemanyag-használat mellett, addig az adózási környezet megváltoztatása a használat ellen hat. Magyarország ugyanis eredetileg jövedéki adó mentességet biztosított a bioüzemanyagoknak, amit azonban 2011 telén megszüntetett, így a kereskedelmi forgalomban kapható bioüzemanyagok (ez lényegében az E85) ugyanolyan áron kaphatók, mint a benzin, ami visszaveti majd mind a fogyasztásukat, mind a forgalmazásukat. A szabályozás következetlensége ugyan jelen esetben környezetvédelmi szempontból kedvező (mert nem alkalmas a bioüzemanyagfelhasználás növelésére), azonban ettől a szemponttól elvonatkoztatva be kell látni, hogy az ilyen ellentmondások arra utalnak, hogy a jogalkotó egyszerűen (a hangzatos célok ellenére) nem tudja, hogy mit akar, és ez a fejnéküliség végeredményben senkinek sem jó. Mindenesetre, ha már a bioüzemanyag-felhasználás ösztönzéséről beszélünk, akkor környezetvédelmi nézőpontból az lenne a kedvezőbb, ha a másodgenerációs üzemanyagokat differenciáltan (kiemelten) támogatnák. Ez jelenleg csak közvetetten jelenik meg, az üzemanyag-forgalmazóknak abban a kötelezettségében, hogy 2020. december 31-ig kötelesek az Európai Unió jogi aktusában meghatározott kiindulási értékhez képest 6%-kal csökkenteni az általa forgalomba hozott üzemanyagból és más közlekedési célú energiatermékből származó energiaegységre számított üvegházhatású gáz kibocsátást.

Ismételten ki kell hangsúlyoznom, hogy a megújuló energiaforrások használatának növelése csak az energiafelhasználás abszolút mértékű csökkentésével párhuzamosan

képzeltet el. Ebben az esetben ugyanis tarthatók lennének azok a jövőképek, amelyek az atomenergia további térnyerése helyett a megújuló energiaforrások nagyobb, vagy akár 100%-os részarányával számolnak. A jelenlegi hivatalos magyar energiasztratégiák azonban egyáltalán nem ilyen kreatívak. Bár az is igaz, hogy önmagában a meglévő célkitűzések teljesítése (2020: 13%) is a szabályozás hatékonyságának további javítását igényli. Láthattuk ugyanis, hogy a hatályos szabályozási környezet mindhárom szektorban komoly hiányosságokkal küzd, jelenlegi formájában nem alkalmas a megújuló energiaforrások térnyerésének az ösztönzésére. Ezt elsősorban a villamosenergia-termelés szektorában az új METÁR valamelyest enyhítheti, bár ezt csak a már elfogadott jogszabály ismeretében lehet biztosra állítani. A hőtermelés kapcsán az állam egyelőre csak beruházási támogatásokkal ösztönözné a megújulók térnyerését, azonban a támogatási környezet (valószínűleg a gazdasági recesszió hatására) kaotikus, rendszertelen és egyszerűen alkalmatlan a funkciójának a betöltésére. Ezt a helyzetet a háztartásokra nézve kötelező megújuló energia részarány követelménye enyhítené, mivel nem igényel költségvetési ráfordításokat, és egyértelmű jelzés a befektetések ösztönzésére. A kötelezettséggel járó többletterheket a szociálisan rászorulóknak számára enyhíthetnék, vagyis a kötelezéssel párhuzamosan gazdasági eszközökkel biztosíthatnák a szabályozás rugalmasságát. A kötelező bioüzemanyag-részarány teljesítése a jelenlegi eszközökkel nem valószínű, mivel a szabályozási környezet átgondolatlan. Érdemes lenne továbbá a másodgenerációs bioüzemanyagokat előnyben részesíteni, és a fenntarthatósági kritériumokat – elsősorban a biomassza fenntartható termelésére vonatkozót – tovább részletezni, mivel azok többsége jelenlegi formájukban nem alkalmazható.

1.4.4. Villamosenergia-termelés

Magyarországon a megújuló energiaforrásból származó villamos energia támogatása elsősorban és egyelőre a kötelező átvételi rendszer (KÁT) keretében történik. Az "elsősorban" arra utal, hogy a megújuló energiaforrások villamosenergia-termelésre történő felhasználása egyéb úton is, pl. beruházási támogatások keretében is támogatható, bár ebben az esetben (a túltámogatás megakadályozása érdekében) a kötelező átvételi ár és időtartam meghatározásánál erre mindenképpen figyelemmel kell lenni. Az átvételi rendszerben való részvétel egyébként önkéntes alapú, tehát a zöld áram termelői dönthetnek úgy is, hogy ilyen jellegű működési támogatásra egyáltalán nem tartanak igényt, és szabadpiaci körülmények között értékesítik inkább a megtermelt energiát. Az "egyelőre" kitételekre azért volt szükség, mert eredetileg tervben volt a zöld bizonyítvány- rendszerre való áttérés. Ennek lehetőségét a VET átmeneti rendelkezései között a 170.§ (8) bekezdése teremtette meg, azzal, hogy a konkrét időpont meghatározását a nemzetközi tapasztalatoktól tette függővé. Úgy tűnik azonban, hogy a Kormány immár végérvényesen lemondott a zöld bizonyítvány-rendszer hazai bevezetéséről, s ehelyett inkább a jelenlegi támogatási rendszer továbbfejlesztését tűzte ki célul (új METÁR). A magam részéről ezt kifejezetten bölcsőbb megoldásnak tartom, mint a zöld bizonyítvány-rendszer bevezetését, mert amellet, hogy a kötelező átvételi rendszer ugyanolyan hatékony (sőt biztonságosabb befektetői környezetet teremt), még a

változtatással együtt járó és befektetésekre hátrányosan ható átmeneti bizonytalanságok is elkerülhetők.

A megújuló energiaforrások támogatásán túl legalább annyira fontos az engedélyezési eljárások egyszerűsége. Hiába ugyanis a kedvező átvételi ár, ha az adminisztratív terhek sokasága és az engedélyezési eljárások elhúzódása elkedvteleníti a befektetőket. Ebből adódóan ennek a kérdésnek is szentelek némi figyelmet, de nem célom valamennyi megújuló energiaforrásra kiterjedően bemutatni az engedélyezési eljárások lefolyását. E tekintetben amúgy is született már egy tanulmány az Energia Klub megbízásából, így annak eredményeit is felhasználva fogalmazom meg az engedélyezési eljárásokkal kapcsolatos észrevételeimet.

A következőkben a jelenlegi KÁT működését, annak sarokköveit (átvételi rendszerhez való csatlakozás, átvételi ár, mennyiség és időtartam meghatározása, átvételi rendszerben való értékesítés sajátos feltételei, stb.) a tervezett METÁR rendszer fejlesztési irányjaival egybeszőve mutatom be, majd azt követően foglalkozom az engedélyezési eljárásokkal és a villamosenergia-hálózathoz való csatlakozással kapcsolatos kérdésekkel.

A kapcsolt energiatermelés

A kapcsolt energiatermelés körébe azok a technológiák tartoznak, amelyek alkalmazásával egyszerre keletkezik hasznosítható hő- és villamos energia. Az energiatermelésnek ez a módja az energiahatékonyság javítását és egyben az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését is szolgálja. Az energiahatékonyságot azáltal javítja, hogy egységnyi tüzelőanyag felhasználásával több energiát állítanak elő, a kibocsátás-csökkentést pedig a tüzelőanyag hatékonyabb felhasználása révén. Az üvegházhatású gázok kibocsátása tovább csökkenthető, ha a kapcsolt energiatermelés keretében megújuló energiaforrást használnak (pl. biogáz erőmű hőhasznosítással).

Hazánkban a kapcsolt villamosenergia-termelés támogatásának alapjait a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény és a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet tartalmazza. Ennek alapján lehetővé vált a kapcsoltan termelt villamos energiának a kötelező átvételi és támogatási (KÁT) rendszerben történő támogatása. Az átvételi árak a beruházások megkezdésének időpontjától, az erőmű kapacitásától, a termelt hő hasznosítási módjától függően alakulnak. Eredetileg ugyan a kötelező átvételi rendszer keretében történő támogatás 2010. december 31-ig tartott volna, a jogszabályi módosítások azonban lehetővé teszik a támogatások időtartamának a meghosszabbítását. Ennek elsősorban az az oka, hogy támogatás nélkül a kapcsolt energiatermelés még mindig nem versenyképes a hagyományos energiatermelési módokhoz képest. Ezért a támogatás megvonása áremelkedést okozott volna a távhőszolgáltatásban. Ez az átmeneti időszak legfeljebb 2015. december 31-ig tart, és csak az olyan kapcsoltan termelő erőművek számára biztosítja a folytonosságot, amelyek beépített teljesítőképessége 50MW alatti, a hasznos hő 70%-ot meghaladó mértékben kerül távhő, vagy külön kezelt intézmény céljára értékesítésre, valamint az átvételi rendszerben maradás kimutatható előnyt jelent a fogyasztók számára. A többi kapcsoltan

termelő támogatására a villamos energia árába beépített, „kapcsolt termelésszerkezet átalakítási díj” szolgál.

KÁT mérlegkör

A kötelező átvételi rendszer, mint ahogy az elnevezése is sugallja, a megújuló energiaforrás felhasználásával történő villamosenergia-termelést úgy ösztönzi, hogy jogszabályban rögzített, a piaci árnál magasabb áron teszi kötelezővé a megtermelt energia felvásárlását az energiapiac egyes szereplői számára. A hatályos szabályok szerint a zöld áram átvételére minden villamosenergia-kereskedő (beleértve az egyetemes szolgáltatókat is) és a felhasználónak közvetlenül értékesítő termelői engedélyes (a felhasználó(i) részére értékesített villamos energia arányában) köteles. Azonban ellentétben a korábbi szabályozással – ahol közvetlenül vették át a megtermelt zöld áramot a termelőktől, és ezért ellentételezésként a rendszerirányítótól az átvételi és a közüzemi díjak különbsége alapján számított „kompenzációt” kaptak –, most a rendszerirányító közvetítésével működik a rendszer. Vagyis először a rendszerirányító (MAVIR Zrt.) fogadja be a megtermelt áramot, és a 109/2007. (XII.23.) GKM rendelet alapján szétosztja az átvételre kötelezettek között. Az átvételre kötelezettek a rájuk háruló többletköltségeket az általuk értékesített villamos energia eladási árában vehetik figyelembe. Vagyis végső soron a megújuló energiaforrásból történő villamosenergia-termelést a végső fogyasztók finanszírozzák.

A kötelező átvételi rendszerbe való csatlakozás

Ha az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia termelője (értékesítő) a kötelező átvételi rendszer keretében kívánja a megújuló energiaforrásból nyert energiával termelt villamos energiát vagy annak egy részét értékesíteni, akkor a kötelező átvétel időtartamának és az átvétel alá eső villamos energia mennyiségének megállapítása céljából kérelmet kell benyújtania a Magyar Energia Hivatalhoz. Természetesen – mint már említettem – ez csak lehetőség, dönthet úgyis, hogy szabad piaci körülmények között értékesíti a megtermelt energiát.

A KÁT rendelet szerint a kérelmet legkorábban a kiserőművi összevont engedélyre vonatkozó kérelemmel, illetve az 50 MW vagy azt meghaladó teljesítőképességű erőmű működési engedélyére vonatkozó kérelemmel egyidejűleg, a nem engedélyköteles kiserőmű esetében legkésőbb 60 nappal a kereskedelmi üzem megkezdése előtt kell benyújtani. Az értékesítő a kérelméhez csatolni köteles többek között azokat a dokumentumokat, amelyek hitelt érdemlően igazolják, hogy milyen fajtájú és összegű más támogatást (pl. beruházási támogatás, adómentesség vagy - kedvezmény, egyéb közvetlen ártámogatás, vagy kedvezményes csatlakozási díj stb.) vett, vesz vagy tervez igénybe venni. A MEH ugyanis ennek figyelembevételével fogja meghatározni az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia mennyiségét és az átvétel időtartamát.

A KÁT-ban lényegében minden megújuló energiaforrásból nyert energiával villamos energiát termelő részt vehet, a háztartási méretű kiserőművek ($\leq 50\text{kVA}$) kivételével. Ezekre ugyanis nem terjed ki a KÁT rendelet hatálya. Ennek oka, hogy a magyar kötelező átvételi rendszerben (rendszerszabályozási okokból) nem kívánják az ilyen kis energiatermelő egységeket támogatni, sőt az ilyen erőművek által termelt „fölösleges”

villamos energiát sem lehet kedvező áron az elosztói rendszerüzemeltetőnek eladni. A jelenlegi szabályozási politika tehát az ilyen háztartási méretű erőműveknek (pl. szélgenerátorok) kifejezetten a szigetüzemszerű működését ösztönzi, a villamos energia hálózatba történő integrálása helyett. A jövőre nézve azonban e megközelítésen változtatni érdemes, mivel a környezetvédők a decentralizált (a fogyasztás helyéhez legközelebbi) energiatermelésben látják a jövőt.

A biomasszából vagy biogázból villamos energiát termelők csak akkor kezdhetik meg a MEH határozata alapján a megtermelt villamos energia értékesítését, ha a MEH a Befogadó felé hitelt érdemlően bizonyítja, hogy az erőmű hatásfoka eléri a KÁT rendelet 7. számú mellékletében meghatározott értéket. Itt az előírt energetikai hatásfok az erőmű típusától függően 30 és 40% között mozog. Ha jobban belegondolunk, ez a követelmény nagyon minimális, és egyáltalán nem ösztönöz a jobb energetikai hatékonyság elérésére. Az új METÁR tervezet a biomassza tüzelés esetében már szigorúbb hatásfok követelményeket irányoz elő, ami üdvözlendő, csak hogy tekintettel arra, hogy még kérdéses a szigorítás konkrét mértéke, egyelőre nem lehet a tervről véleményt formálni. A METÁR abban is változást hozna, hogy a fenntarthatóság és a decentralizált energiatermelés ösztönzése érdekében a biomassza tüzelést felső teljesítménymeghatárhoz kötné (10 MWe, ill. ha az erőmű távhőellátáshoz kapcsolódik 20 MWe). Ez környezetvédelmi szempontból igen szerencsés, tekintettel arra, hogy egy ilyen megoldással csökken az alapanyag szállítás távolsága, és ezáltal az ilyen erőművek ökológiai lábnyoma is. Mindez ráadásul összhangban van a NFFT által összeállított biomassza prioritási listával is. A tervezetnek ezt a megoldását ugyanakkor egyes szakmai szervezetek kifogásolják, mert szerintük korlátozza a hazai biomassza potenciál hasznosítási lehetőségeit. Ehelyett inkább kilométer arányos útdíj bevezetését javasolják a biomassza alapanyagok szállítására vonatkozóan.

Ugyancsak pozitív előrelépés, hogy a METÁR már külön kiemeli annak fontosságát, hogy az azonos beszállítási vonzaskörzetbe telepítendő erőműegységek esetében különös figyelmet kell fordítani arra, hogy az új erőművi blokk keresletével az összesített biomassza kereslet ne haladja meg az ellátási körzet biomassza potenciálját, mivel ebben az esetben vagy az új belépő, vagy a már meglévő felhasználási csoportok kényszerülnek nagyobb szállítási távolságból történő beszerzésre. A túlzottan nagy szállítási távolság ugyanis - mint az előbb már említettem - nem fenntartható környezetvédelmi szempontból. Ennek érdekében az új szabályozási koncepció területi potenciálok meghatározását tervezi a biomassza esetében (fás- és lágyszárú biomasszára külön-külön), amelynek eredményeképpen az adott térségben csak a területi potenciál mértékéig (rendelkezésre álló alapanyag mennyiségig) kerül jóváhagyásra az új belépők beruházása. A területi potenciálok meghatározása során figyelembe fogják venni azokat a felhasználói csoportokat (pl. lakossági felhasználás, pelletálók, biomassza fűtőművek, stb.) is, akik az átvételi rendszerben egyébként nem vesznek részt. Egy ilyen szabályozási megoldás alkalmas ugyan egy decentralizált energiaellátási struktúra kialakítására (több helyen, kisebb erőművek), azonban nem alkalmas az energiahasznosítás negatív visszahatásainak (pl. az erőmű számára tüzelőanyagot termesztők jobb termésátlag elérése fognak törekedni termésfokozók, vagy hibridek alkalmazásával a nagyobb haszon érdekében) kezelésére. Ezt a problémát a jogalkotó azzal kívánja orvosolni, hogy a

biomassza erőművek KÁT rendszerben történő részvételét fenntarthatósági feltételekhez köti. Ezekről a következő alfejezetben részletesen szólnok

Az egyszerűség kedvéért eddig nem említettem, de végezetül azt is hozzá kell tenni az eddigiekhez, hogy a KÁT rendszerben nemcsak a megújuló energiaforrásból származó energiával termelt villamos energiát, hanem a hulladékból nyert energiával termelt villamos energiát is támogatják. Ezek (megújuló energiaforrás, hulladékból nyert energia) fogalmát a VET határozza meg, és egy érdekes egybeesést találhatunk bennük. Ha ugyanis összevetjük a megújuló energiaforrás, a biomassza, a hulladék és a hulladékból nyert energia fogalmát, úgy kitűnik, hogy az ipari és települési hulladék biológiailag lebontható részét ugyanúgy tekinthetjük megújuló energiaforrásnak, mint hulladéknak, ezért a belőle származó energiát hulladékból nyert energiának. Ez az egybeesés amiatt okozhat problémát, hogy eltérőek a biomasszából és a hulladékból termelt energiának az átvételi árai (ez utóbbi tekintetében alacsonyabbak). Bár ebből származó konfliktussal nem találkoztam, azért célszerű lenne, ha a jogalkotó eldöntené, hogy ebben az esetben a települési és ipari hulladék biológiailag lebontható része hulladéknak, vagy biomasszának minősül-e.

A biomasszára vonatkozó fenntarthatósági kritériumok

Annak ellenére, hogy a RED irányelv egyelőre nem követeli meg a tagállamoktól a szilárd biomasszára fenntarthatósági kritériumok alkalmazását, a KÁT rendelet mégis tartalmaz ilyen követelményt. Az alábbiakban ennek értelmezésével külön foglalkozom, hiszen – mint már hangsúlyoztam – ökológiai szempontból kiemelkedően fontos ezen rendelkezés megfelelése. A KÁT rendelet szerint abban az esetben,

„ha a villamos energia termelés biomassza felhasználásával történik, az értékesítőnek az erdőről szóló külön törvény rendelkezéseinek megfelelően igazolnia kell – az Európai Közösség területén keletkezett, erdőgazdálkodásból származó biomassza esetén az erdészeti hatóság, harmadik országban keletkezett erdőgazdálkodásból származó biomassza esetén a Forest Stewardship Council (FSC) tanúsítványával (Forest Management Certificate) - hogy a biomassza fenntartható erdőgazdálkodásból származik, valamint”, hogy nem fűrészipari rönk, vagy annál magasabb rendű faválaszték”.

Annak érdekében, hogy a termesztett növényeket ne energetikai célra, hanem elsősorban élelmezési célra használják fel, a KÁT rendszerben értékesítőnek arról is nyilatkoznia kell, hogy a tüzelőanyagként felhasznált biomassza emberi élelmezés céljára nem alkalmas KÁT rendelet 7.§ (2). A biomasszának az értékesítő nyilatkozatának megfelelő minőségét az élelmiszer-biztonsági szerv szűrőpróba-szerűen ellenőrzi.

A rendelet tehát azt írja elő, hogy azoknak, akik biomassza felhasználásával termelnek villamos energiát, igazolniuk kell, hogy a biomassza fenntartható erdőgazdálkodásból származik, és nem fűrészipari rönk, vagy annál magasabb rendű faválaszték. A rendelkezésnek az egyik célja megakadályozni a jó minőségű fa energetikai hasznosítását, a másik célja nyilvánvalóan az, hogy megakadályozza a szilárd biomassza olyan mértékű kitermelését, amely veszélyeztetheti az erdőgazdálkodás fenntarthatóságát. E célt úgy biztosítaná a jogszabály, hogy az értékesítőtől igazolást vár el a fenntarthatóság

bizonyítására. Ennek az igazolásnak attól függően, hogy honnan származik a biomassa, vagy az erdészeti hatóság, vagy a Forest Stewardship Council (FSC) tanúsítványával tehet eleget. Hogy kihez és meddig kell a tanúsítványt benyújtani, valamint milyen következményei vannak az igazolás elmaradásának, az a hatályos jogszabályból nem derül ki. De más tekintetben is homályos a hivatkozott rendelkezés.

A tanúsítványnak ugyanis azt kell bizonyítania, hogy a biomassa fenntartható erdőgazdálkodásból származik. De, hogy az erdészeti hatóság milyen feltételek mellett állíthatja, hogy a biomassa fenntartható erdőgazdálkodásból származik, szintén nincs sehol rögzítve. Nem beszélve arról, hogy az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény (erdőtörvény) sehol nem szól arról, hogy a tanúsítványt milyen eljárási rendben adja ki a hatóság. Rengeteg tehát a tisztázatlan kérdés.

További kivetni valót is hagy maga után a vizsgált rendelkezés abban a tekintetben is, hogy úgy hivatkozik az erdőtörvény előírásaira, hogy a két jogszabály nincs is összhangban egymással. Egyrészt a KÁT rendelet az erdészeti hatóságot kötelezi az igazolás kiállítására, míg az erdőtörvény csak egyetlen igazolásról szól, azt viszont az erdőgazdálkodónak kell kiállítania. A másik különbség abból adódik, hogy az erdőgazdálkodónak a fa származását kell igazolnia és nem azt, hogy a fa fenntartható erdőgazdálkodásból származik. Látható tehát, hogy sok ellentmondás oka egyszerűen az, hogy az erdőtörvénynek nincs olyan rendelkezése, amire a KÁT rendelet utal.

Kanyarodjunk azonban vissza ahhoz a gondolathoz, miszerint tisztázatlan, hogy milyen feltételekkel állapíthatja meg az erdészeti hatóság, hogy egy erdőgazdálkodás fenntarthatónak minősül-e vagy sem. Amennyiben cél, hogy e feltételek megfeleljenek az ökológiai fenntarthatóság követelményének, úgy ezeknek szigorúbb elvárásoknak kellene lenniük, mint amelyek az erdei haszonélvezetek jogszerű gyakorlásához általában szükségesek. Ennek oka, hogy a fenntartható erdőgazdálkodás, mint az erdőtörvény alapelve (fogalmát a törvény 2.§ első bekezdése határozza meg) lényegében a gyenge fenntarthatóság követelményének feleltethető meg. Vagyis az erdőkre vonatkozó hazai szabályozás, valamint az erdei haszonvételek gyakorlása korántsem csak az ökológiai érdekeket helyezi előtérbe. Márpedig a biomassa fenntarthatósági kritériumok tekintetében – funkciójukból adódóan –, nyilvánvalóan a környezeti szempontoknak kellene elsőbbséget biztosítani.

Úgy tűnik tehát, hogy annak ellenére, hogy találhatunk fenntarthatósági kritériumot a KÁT rendeletben, az jelenlegi formájában alkalmazhatatlan. Az új METÁR tervezet ugyan tisztázza a hatásköri kérdéseket (a faanyag nyomon követési rendszer működtetésével, a fenntarthatósági követelmények ellenőrzésével, igazolásával kapcsolatos hatósági feladatok ellátását a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal keretében, míg az erőművek faanyag felhasználásának ellenőrzését pedig a Magyar Energia Hivatal útján tervezi biztosítani), azonban a KÁT rendelet és az erdőtörvény összhangjának szükségességéről nem tesz említést. Mint ahogy arról sem, hogy mikor állítható, hogy a faanyag fenntartható erdőgazdálkodásból származik. Vagyis megállapíthatjuk, hogy a KÁT rendeletben rögzített fenntarthatósági követelmény – túl általános és konkrétan meg nem határozott jellegénél fogva – nem alkalmas a biomassa-hasznosítás támogatásával járó kockázatok (területfoglalás a még természetközeli állapotban lévő területek kárára, valamint az erdő-,

illetve mezőgazdasági tevékenység intenzitásának további fokozása, az energianövények tájidegen fajokként inváziós problémát is okozhatnak) csökkentésére. Ezért azt vagy fejleszteni kell, vagy még jobb lenne teljesen kicserélni, még hozzá oly módon, hogy a biomassza fenntarthatósági követelményeit a bioüzemanyagok kapcsán már kidolgozott feltételekhez igazítanák. Így a biomassza felhasználásának kettős feltétele lenne: az egyik az ÜHG megtakarítás mértékéhez, a másik a biomassza fenntartható termeléséhez kapcsolódna. Vagyis akkor lehessen a KÁT rendszerben biomassza felhasználásával termelt villamos energiát támogatni, ha a biomasszát fenntartható módon termelték, és egyúttal legalább 35%-os ÜHG megtakarítás realizálható. Ez jóval hatékonyabb megoldás lenne, és összhangban állna az Európai Bizottság által megfogalmazott ajánlással is.

Az ilyen környezetvédelmi motiváltságú követelményekkel a szakmai szervezetek egyébként nem értenek egyet, szerintük ugyanis nincs szükség a „tűzifahasználat korlátozására”, mert akkor a tűzifát inkább külföldre fogják exportálni. Éppen emiatt, úgy tűnik, hogy sokkal célszerűbb lenne a biomasszahasznosítás fenntarthatósági kritériumait végre EU-szinten meghatározni, mert ezzel el lehetne kerülni az ilyen nem kívánatos tendenciákat. Összegezve, ugyan pozitív eredmény, hogy hazánkban is létezik a biomasszára nézve fenntarthatósági kritérium, az sajnos a jelenlegi formájában mégsem alkalmazható, ezért sokkal praktikusabb lenne a bioüzemanyagok fenntarthatósági kritériumait alkalmazni ezen a területen is.

A kötelező átvétel időtartama, a kötelező átvétel hatálya alá tartozó energia mennyisége és az átvételi ár

Németországgal ellentétben, ahol az átvétel időtartamát jogszabályban rögzítik, és az a túltámogatás megelőzése érdekében idővel progresszív módon csökken, a hazai rendszerben az átvételi időtartamot – a megtérülési idő alapján – a MEH határozatban állapítja meg. Hasonlóan, a MEH határozza meg a kötelező átvétel alá eső villamos energia mennyiségét is az erőműegység teljesítőképessége, a kihasználási óraszám és az önfogyasztás figyelembevételével. Ezzel az egyébként biztos befektetői környezet megteremtésére alkalmas kötelező átvételi rendszer veszít kiszámíthatóságából. A kötelező átvételi jogosultság egyébként a kötelező átvételre meghatározott időtartam leteltével, vagy az összes átveendő energia mennyiség értékesítésével egyaránt megszűnik. Az új szabályozási koncepció egységesen 15 évben határozná meg a támogatás futamidejét, ami mindenképpen az átláthatóság és kiszámíthatóság felé tett pozitív lépésként értékelhető. Azonban a tervezetből nem tűnik ki, hogy az átvételre kerülő villamos energia mennyiségének meghatározásával kapcsolatos szabályokon is változtatnak-e.

A KÁT rendszer meghatározó eleme a kötelező átvételi ár. Ennek jelenlegi mértéke a VET-ben maximálva van és a törvény azt is lehetővé teszi, hogy a KÁT rendelet az átvételi árak között energiaforrásonként, termelési eljárásoként, valamint az erőművi teljesítőképességre tekintettel differenciáljon. Ezzel a lehetőséggel a KÁT rendelet csak részben él, ugyanis az átvételi árak jelenleg az erőmű mérete alapján (20 MW alatt, 20-50 MW, valamint 50MW fölött), a régi (2008. január 1. előtt jogosultságot szerzett) és új belépők között, valamint napszakonként (csúcs-, völgy-, mélyvölgy időszak) differenciáltak. A kisebb méretből adódó versenyhátrányt magasabb átvételi árakkal kompenzálja a

jogszabály, ugyanakkor a régi és új belépők közötti megkülönböztetés egyes álláspontok szerint indokolatlan. Ennek oka, hogy a régi erőművek technológiájukból (ti. vegyes tüzelés) adódóan mintegy harmadával kisebb átvételi ár mellett is jövedelmezően működhetnek. Ezt a helyzetet enyhíti némiképpen a KÁT rendeletnek az a rendelkezése, miszerint vegyes tüzelés esetén, ha a megújuló energiaforrástól eltérő energiaforrás részaránya az 50%-ot meghaladja, akkor a kötelező átvétel alá eső villamos energia mennyiségére 10%-kal alacsonyabb átvételi árat kell alkalmazni. A jelenlegi átvételi árak (26 Ft körül mozognak kWh-ként) sajnos - a környező országokhoz viszonyítva is – alacsonyak, és a magasabb fajlagos költségű (pl. geotermikus, napenergia) beruházások ösztönzésére kevésbé alkalmasak. Ez abból a szempontból is hátrányos, hogy a határokon ennek következtében ún. tüzelőanyag-elszívó hatás érvényesülhet azon országok irányában, ahol az átvételi ár magasabb (hiszen ott valószínűleg a tűzifáért is magasabb árat tudnak kínálni). A METÁR nem utal az átvételi árak emelésére, azonban azok továbbra is jogszabályban rögzítettek, és immár energiaforrások és technológiák szerint is differenciáltak lesznek. Ez fontos lépés lenne a szabályozás fejlesztésében, hiszen lehetőséget biztosítana arra, hogy a Magyarország adottságaihoz jobban igazodó és környezetvédelmi szempontból is kedvezőbb energiaforrások jussanak előnyhöz.

Az új szabályozási koncepció annak megakadályozására, hogy a megújuló energiaforrások hirtelen felfutása túlzottan árfelhajtó hatású legyen a villamos energia fogyasztói árára, kiosztási kvótákat tervez bevezetni. Ez egyben a megújuló energiaforrások közötti további megkülönböztetést is lehetővé teszi majd. A rendszer működésének részletei egyelőre ismeretlenek, de jogszabályban kerülnek majd meghatározásra.

Az e fejezethez kapcsolódó utolsó gondolat a megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő erőművek próbaüzemével kapcsolatos. Próbaüzemi termelés alatt az ilyen erőművek úgy termelnek – adott esetben hónapokon át – villamos energiát, hogy nem kapnak érte ellenszolgáltatást. A probléma gyökere, hogy a KÁT rendelet a próbaüzemet nem tekinti olyan időszaknak, amelyben a termelő értékesítésre termel villamos energiát. Ez így is van, hiszen a próbaüzem funkciója lényegében az, hogy ellenőrizni lehessen a jogszabályokban és az engedélyekben meghatározott követelmények érvényesülését az erőmű működése során. Ugyanakkor kétségtelen, hogy az erőmű ekkor is termel villamos energiát, amiért méltányos lenne, ha a jogalkotó biztosítaná az így termelt villamos energia értékének megtérítését, mégha esetleg alacsonyabb áron is.

A kötelező átvételi jogosultság gyakorlásának szabályai

A KÁT rendszerben értékesítőnek a jogok mellett bizonyos kötelezettségei is vannak. Ezek közül az egyik legfontosabb a menetrendadási (éves, illetve havi bontású) kötelezettség. Ha a megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő eltér a megadott menetrendtől, akkor szabályozási pótdíjat (kWh-nként 5 Ft) kell fizessen a befogadónak. Az értékesítő csak akkor mentesül a szabályozási pótdíj megfizetésének kötelezettsége alól, ha hitelt érdemlő módon igazolja, hogy előre nem látható, rajta kívül álló okból következett be a hálózathoz való hozzáférés korlátozása, az üzemzavar vagy a válsághelyzet az elosztó/átviteli hálózaton. A menetrendadási kötelezettség és az ezzel járó szabályozási pótdíjfizetési-kötelezettség különösen az időjárásfüggő megújuló

energiaforrásból (nap-, szélenergia, kisméretű vízenergia) termelőket érinti hátrányosan, emiatt a KÁT rendelet +/-50%-os eltérési lehetőséget biztosít a menetrendtől ezen megújuló energiaforrásból termelőknek. Ez azt jelenti, hogy csak a +/-50%-os eltérés fölött kell szabályozási pótdíjat fizetni. A biomassza erőművek ugyanakkor már csak +/-5%-al térhetnek el a menetrendtől következmények nélkül. A szélerőművek és az 5 MW-nál kisebb teljesítőképességű biogáz erőművek további kedvezménye, hogy a kereskedelmi üzembe kerülésüktől számított 6 hónapig mentesülnek a szabályozási pótdíj megfizetésének kötelezettsége alól. A szélerőművek kapcsán érthető ez a pozitív diszkrimináció, azonban a biogáz erőművek tekintetében nem, hiszen az nem időjárásfüggő energiaforrás. Ugyanakkor tekintettel arra, hogy a biogáz hasznosítható a leginkább környezetbarát módon a különböző biomasszafajták közül, az ilyen kedvezmény végeredményben szerencsés.

A KÁT rendszerben termelők másik fontos kötelezettsége az eredetigazolás beszerzése. Bár az igazolás önmagában nem jogosít a KÁT rendszerben való részvételre (ezt, mint már említettem, külön kell kérni a MEH-től), nélküle nem lehet részt venni a rendszerben. Az átvételi kötelezettség időtartama alatt minden évben külön kell eredetigazolásért folyamodni a MEH-hez, aki a benyújtott információk alapján ezzel a bizonyítvánnyal igazolja az adott naptári évben megújuló energiaforrásból termelt villamos energia azon mennyiségét (MWh mértékegységben), amely megfelel a KÁT rendelet szerinti, valamint kapcsolt energiatermelés esetén a nagy hatásfokú kapcsoltan termelt villamos energia és a hasznos hő mennyisége megállapításának számítási módjáról szóló 110/2007. (XII. 23.) GKM rendelet feltételeinek. Ezzel lényegében az eredetigazolás a termelők ellenőrzésének az eszköze. Ha a MEH az ellenőrzése során megállapítja a megfelelő eredetigazolás hiányát, vagy azt, hogy e rendelet hatálya alatt értékesített villamos energia (vagy annak egy része) nem felelt meg a KÁT rendelet feltételeknek, akkor határozatában

- a. megállapítja, hogy hány kWh értékesítése történt a kötelező átvétel keretében a rendelet előírásainak megsértésével összefüggésben,
- b. meghatározza azokat a feltételeket, amelyek teljesítése esetén az értékesítő továbbra is értékesíthet villamos energiát a kötelező átvétel keretében, valamint
- c. meghatározza, hogy értékesítővel szemben bírság kiszabása mellett melyik további, VET szerinti jogkövetkezményt (felszólítás a kötelezettségek betartására, engedély módosítása, visszavonása) alkalmazza.

A METÁR a fenti szabályokon (menetrendadás, eredetigazolás) nem változtatna, azonban kiemeli, hogy az új támogatási rendszerben való részvételi jogosultságokat és a villamosenergia-értékesítések jogszerűségét a jövőben szigorúbban kívánják ellenőrizni.

Engedélyezési eljárások

A támogatási rendszer hatékonysága mellett a megújuló energiaforrások térnyerését legalább annyira befolyásolja az engedélyezési eljárások átláthatósága, gyorsasága, egyszerűsége. Mint már említettem, az Energia Klub az engedélyezési rendszerről és működésének hatékonyságáról tanulmányt készített, melynek néhány eredményét szeretném itt felhasználni. Az engedélyezési rendszer részletes bemutatásától tehát eltekintenek, azonban néhány sarokpontot érdemes megragadni. Látni kell, hogy a

megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő erőművek létesítése, üzembe helyezése, jelentősebb módosítása, valamint megszüntetése is engedélyköteles. A beszerzendő engedélyek számát és jellegét alapvetően befolyásolja a megújuló energiaforrás jellege, azonban az erőmű létesítéséhez, építéséhez, valamint a villamosenergia-termeléshez mindenképpen szükség van engedélyre. Ezenfelül általában be kell szerezni valamilyen környezetvédelmi (környezetvédelmi, ill. egységes környezethasználati, vízjogi, stb.) engedélyt is. E főbb engedélyezési eljárásokba a vonatkozó jogszabályok alapján számos szakhatóságot kell bevonni, amelyek így – tekintve, hogy a szakhatósági eljárások az ügyintézési határidőbe nem számítanak bele és jellemzően a szakhatóságok sem tartják a szakhatósági állásfoglalásra nyitva álló határidőket – az engedélyezési eljárások elhúzódásához vezetnek. A kiserőművek (5MW alatt) létesítőinek talán annyiban egyszerűbb a helyzete, hogy a MEH-től kiserőművi összevont engedélyt kérhetnek a létesítési és működési engedély helyett, valamint méretüknél fogva az integratív jellegű környezetvédelmi engedélyek hatálya alól is kiesnek, legfeljebb valamilyen védett természeti-, vagy Natura 2000 terület érintettsége esetén merül fel ezek szükségessége.

Összességében – bár ez az előbbiekből még nem feltétlenül tűnik ki – az engedélyezési eljárások rendszere nemhogy egy laikus, de még egy szakember számára is nehezen áttekinthető, de ami még rosszabb, hogy az eljárások igen költségesek és hosszúak. A költségek egyes esetekben az előre kalkuláltaknak általában a tízszeresére rúgnak, míg az engedélyezési eljárások időtartama a környezetvédelmi és építésügyi eljárásokban általában 6 hónap. Az eljárások gyors és ésszerű határidőn belül történő befejezésének jogszabályi szintű biztosítása érdekében a hivatkozott tanulmány elkerülhetetlennek tartja az eljárási rend olyan reformját, mely kimondja, hogy amennyiben a szakhatóság a rendelkezésére álló határidőn belül, illetve az azt követő 8 munkanapos póthatáridőn belül nem nyilatkozik az ügydöntő hatóság megkeresésére, a szakhatósági hozzájárulást megadottnak kell tekinteni, és az ügydöntő hatóság ennek megfelelően köteles határozatot hozni. Bár a felvetés jogos, azonban egyfelől nem illik a hatályos közigazgatási eljárásjog kínálta keretekbe: az államigazgatási eljárás általános szabályairól szóló 1957. évi IV. törvény biztosított ugyan ilyen lehetőséget (a szakhatóság hallgatása), azonban a Közigazgatási eljárás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény ezt megszüntette. Másfelől van olyan szakirodalmi vélemény is, miszerint a környezetvédelmi és rokonterületi hatóságokkal kapcsolatba kerülő beruházók és üzemeltetők nem feltétlenül járnak jobban a rövidebb eljárási határidővel: a néhány hetes időnyereség nem éri meg, hogy megalapozatlan, az érintett közösségek által joggal és sikerrel támadható engedélyek szülessenek.

A hálózathoz való hozzáférés

A tanulmányból az is kitűnik, hogy a beruházóknak a hatósági eljárásoknál is nagyobb bizonytalanságot jelent a villamosenergia-hálózathoz való csatlakozás. A tanulmány szerint a hálózathoz való csatlakozás eljárási rendjét ugyanis jogszabály nem rendezi. Ez a régi VET végrehajtási rendelete kapcsán igaz volt, de szerencsére az új VET végrehajtási rendeletének a 2. számú melléklete már tartalmazza a hálózathoz csatlakozás hiányolt eljárási rendjét. Eszerint, aki közcélú hálózathoz csatlakozni kíván,

annak erre vonatkozó igénybejelentést kell tennie a hálózati engedélyesnél. A hálózati engedélyes ez alapján küld egy tájékoztatást, aminek az aláírásával és visszaküldésével létrejön a hálózatsatlakozási szerződés. Ha a rendszerhasználó az előírt csatlakozási díjat (aminek mértéke, a díjfizetés módja és határideje a szerződésben van meghatározva) a hálózati engedélyesnek megfizette, a csatlakozásnak akadálya már nincs. Az eljárási rend vázlata tehát így néz ki, természetesen eljárási határidőkkel kiegészítve, így a hálózati engedélyes immár nem élvez teljes szabadságot ebben a kérdésben. A korábbi szabályozási környezetből adódóan ugyanis a beruházó a hálózati csatlakozás során az ügyintézési időt illetően teljes bizonytalansággal nézett szembe, ami a gyakorlatban a hálózati csatlakozás több hónapos időbeli elhúzódását eredményezte.

Hasonló volt a bizonytalanság a csatlakozás pénzügyi és műszaki feltételei tekintetében is. A csatlakozási díj megállapításának feltételeit azonban ma már szintén jogszabály rögzíti, aminek alapján a Magyar Energia Hivatal határozatban állapítja meg a díj mértékét. A díj mértékét a legkisebb költség elvének érvényesülésével kell megállapítani, és az nem haladhatja meg a hálózati engedélyes által a csatlakozás érdekében közvetlenül hálózati beruházásra fordított összeget. A megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő erőműveknek kedvező megoldás, hogy a megújuló energiaforrás részarányától függően, e termelők a csatlakozási díjból 30, ill. 50%-os kedvezményre jogosultak. Ami a műszaki követelményeket illeti, véleményem szerint ez az a pont, ami továbbra is bizonytalanságot okozhat a befektetőknek, mivel az erre vonatkozó szabályokat még mindig csak a villamosenergia-ellátási szabályzatok tartalmazzák.

A VET 35.§ (3) bekezdése a hálózati engedélyeseket arra kötelezi, hogy a hálózatok üzemeltetése, és a hálózatokhoz való hozzáférés biztosítása során részesítsék előnyben a szén-dioxid kibocsátás mentes technológiával, továbbá a megújuló energiaforrásokból, hulladékból, illetve kapcsoltan villamos energiát termelőket. Az átvételi és csatlakozási elsőbbséget még néhány évvel ezelőtt a törvény nem tartalmazta, így a jelenlegi követelmény pozitív előrelépésnek tekinthető. Az elsőbbség rögzítésének azért van jelentősége, mert ennek hiányában – az átvételi kötelezettség miatt – az olyan energiát is be kellene fogadja a hálózat üzemeltetője, amelyre már nincs is szükség. Az elsőbbség kimondásával, így a hálózathoz való hozzáférés lényegében garantált a megújuló energiaforrás felhasználásával termelő erőműveknek.

A hálózathoz való hozzáférés azonban nem olyan magától értetődő a szélerőművek tekintetében, ugyanis a MAVIR Zrt. - rendszerstabilitási problémákra hivatkozva - 330MW-ban korlátozta a szélerőmű kapacitások hálózatra csatlakoztatását. Időközben ez a korlát megszűnt, azonban a szélerőmű kapacitások létesítésére továbbra sem korlátlanul nyílik lehetőség, a jogalkotó ugyanis pályázati rendszert alakított ki. Eszerint a MEH minden év szeptember 15-éig - a hálózati engedélyesek bevonásával - elemzést végez a villamosenergia-rendszer középtávon várható teljesítményének egyensúlyáról, szabályozhatóságáról és biztonságos működéséről. Ha az elemzés alapján lehetőség van az elosztó vagy átviteli hálózathoz csatlakozó új szélerőművi termelő kapacitás létesítésére, a hivatal pályázatot ír ki az új kapacitások létesítésére. A versenyeztetés célja, hogy a korlátozottan kiosztható szélerőmű kapacitás-jogosultság azon pályázók között kerüljön felosztásra, akiknek a pályázata – a lefolytatott értékelési eljárás alapján –

össességében leginkább megfelel a pályázati célkitűzéseknek. A pályázat nyertesei nemcsak jogosultságot szereznek a szélerőmű kapacitás létesítésére, de ez kötelezettségüké is válik, amelynek határidőn belüli elmulasztása esetén három évig újabb pályázatot nem nyújthatnak be. A szélenergia időjárási körülményektől függő jellege miatt az előbbi korlátozás érthetőnek és elfogadhatónak tűnik, azonban meg kell jegyezni, hogy például a német szabályozás a hálózatüzemeltető kötelezettségévé teszi a hálózat fejlesztését, ha igény jelentkezik a hálózathoz történő csatlakozásra. Ezzel csak azt szeretném érzékeltetni, hogy a magyar jogalkotó úgy tekint a villamosenergia-hálózat rossz állapotára, mint egy sajnálatos és megértésre okot adó tényre, holott – tekintve, hogy az erőműveknek rendszerhasználati díjat kell fizetniük a hálózat használatáért - joggal várhatnánk el a hálózat fejlesztését az üzemeltetőtől.

2. A SZILÁRD BIOMASSZA TERMIKUS HASZNOSÍTÁSÁNAK TECHNOLÓGIÁI

2.1. A szilárd biomassza termokémiai hasznosításának alapjai

A szilárd biomassza energetikai hasznosítása jellemzően valamilyen termokémiai reakció útján zajlik. Ez lehet a közvetlen elégetés, vagy egy másodlagos energiahordozót eredményező előzetes termokémiai átalakítás: termékgáz elgázosításból, faszén elszenesítésből vagy pirolízisból. Az átalakítási technikák a biomassza bejutásától kezdve a hasznosított energiaforma létrejöttéig tartanak.

Ehhez lényeges bemutatni – az egységes definíciót igénylő fogalmi meghatározások mellett – először is a felhasználható bioenergiahordozók égéstechnikai tulajdonságait, amelyek az átalakító berendezések műszaki megoldásait alapjaiban meghatározzák. Szükséges leírni a fizikai-kémiai alapokat is, amiken a termokémiai átalakítási eljárások alapulnak. Amint látható (2.1. táblázat), ezek az eljárások nagyrészt hasonló folyamatokat alkalmaznak. Amennyiben a műszaki folyamatban alkalmazott oxigén mennyisége kisebb, mint amennyi a bevitt biomassza szénttartalmának teljes elégetéséhez szükséges (az oxigénarány kisebb mint 1), a folyamatban valamilyen energiahordozó keletkezik, amelynek az alapul vett biomasszához képest egy vagy több tulajdonsága kedvezőbb egy későbbi felhasználáshoz (például a változatos alapanyagból egyöntetű megjelenésű és égésű faszén lesz, vagy a szilárd biomasszából folyékony üzemanyag képződik).

Ezután állnak össze azoknak a létesítményeknek a lényegi rendszerelemei, amelyek a közvetlen elégetés vagy termokémiai átalakítás útján az energetikai hasznosításhoz szükségesek.

2.1. táblázat Az egyes termokémiai átalakítások légfeleslege, hőmérséklete és termékei

Műszaki folyamat	Termokémiai átalakítás	Oxigén-arány	Hőmérséklet (°C)	Termék
Elégetés	M&Sz, PB, Eg, Ox	$\lambda \geq 1$	800 — 1 300	forró füstgáz
Elgázosítás	M&Sz, PB, Eg	$0 < \lambda < 1^a$	700 — 900	éghető gáz
Hidrotermikus elgázosítás	M&Sz, PB, Eg	$0 < \lambda < 1^b$	400 — 700 (200 — 300 bar)	éghető gáz folyékony maradvány
Pirolízis	M&Sz, PB	$\lambda = 0$	450 — 600	éghető gáz, pirolízisolaj és koks
Elszenesítés	M&Sz, PB	$\lambda = 0$	>500	faszén
Pörkölés	M&Sz, PB	$\lambda = 0$	250 — 300	pörkölt biomassza

M&Sz: melegítés és szárítás, PB: pirolitikus bontás, Eg: elgázosítás, Ox: oxidáció

^aOxidálószer: általában levegő, oxigén (O₂) vagy vízgőz (H₂O);

^bOxidálószer: vízgőz (H₂O) szuperkritikus feltételekkel

Magyarországon a biomasszára alapuló megújuló energia potenciál 145 PJ, a fenntarthatóság szempontjait is figyelembe véve (EEA, 2006). A mezőgazdaságban keletkezett melléktermékek közül (mintegy 24 millió t) 3,2% hasznosul tüzelőként, ami az összes mezőgazdasági biomassza 1,7%-a. Magyarországon a biomassza-tüzelést akadályozza az intenzív technológiák és az energetikai eljárások ismertségének hiánya, a tőkehiány valamint a ki nem alakult ellátási láncok.

Az energetikai hasznosítású biomasszán belül tüzelési célra a következő növényi alapanyagok használatosak:

Fás szárúak:

Hosszú rotációs ciklusú fafajok (tűzi)fája, vágási és feldolgozási melléktermékei;

Gyorsan növekvő fafajták fája, mint pl. a nyár, akác, fűz stb. állandó aratási ritmussal (rövid vágásfordulójú energetikai ültetvények);

Fás szárú gyümölcs- és szőlőtermesztési melléktermékek

Lágy szárúak:

Egyéves növényfajok, mint pl. a gabonafélék, kender, kukorica, repce, mustár, napraforgó, stb. szára, termése, betakarítási és feldolgozási melléktermékei, ill. az egész növény;

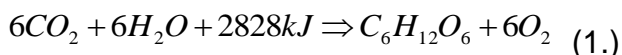
Évente aratott évelő fajok, mint pl. a *Miscanthus* és egyéb nádfajok szára.

Az elosztás, az ellátási lánc a tüzelési célú biomasszánál az adott helyen megtermelt biomassza útját jelenti a termesztés helyétől a felhasználás helyéig, hogy a megfelelő időben, módon, és mennyiségben rendelkezésre álljon. A műszaki, ökonómiai és ökológiai feltételeknek megfelelően különböző ellátási láncok lehetségesek. A következőkben a tüzelési célú biomassza energetikai felhasználásának technológiai elemeit a termesztés, betakarítás, tárolás, feldolgozás, szállítás és termékértékesítés sorrendjében mutatjuk be.

2.2. A szilárd biomassza-tüzelőanyagok tüzelése

2.2.1. Az energiacélra hasznosítható anyagok tüzeléstechnikai jellemzői

A szerves szén a zöld növényekben CO₂-ból képződik, miközben O₂ szabadul fel. A folyamatot a nap energiája táplálja. A biokémiai reakciók leegyszerűsített modelljét az alábbi egyenlet mutatja:



Minden növényi biomassza a fotoszintézis végterméke. Ebből adódik, hogy a különböző fajtájú biomasszák elemi összetételét tekintve jelentős eltérést nem találunk, ami a 2.2. táblázat adataiból is jól látható. Ezek az értékek faanyag esetén, fajtától függetlenül még közelebb állnak egymáshoz. NÉMETH (1997) szerint fa esetén a széntartalom 48,5...50,4%, az oxigéntartalom 43,4...44,5% és a hidrogéntartalom 5,8...6,3% között mozog, ami kismértékben eltér ugyan, de ennek ellenére jó közelítéssel egységesnek tekinthetők.

2.2. táblázat Tüzelőanyagként felhasználható biomassa elemi összetétele és tüzeléstechnikai jellemzői

Biomassa	Kémiai összetevők [%]					Hamu [%]	Illó éghető [%]
	C	H	O	N	S		
Búzaszalma	45	6	43	0,6	0,12	5,28	74
Kukoricaszár	44	5,8	40	1,3	0,12	8,78	76
Fa	47	6,3	46	0,16	0,02	0,52	85
Kéreg	47	5,4	40	0,4	0,06	7,14	76

Forrás: PECZNIK et.al., 1997

A biomasszában a biokémiai folyamatok eredményeképpen, részben a környezeti hatások következtében szerves anyagok is találhatóak. A szerves anyagok jelentős része az életműködéshez szükséges makro- és mikrotápelemekből származik. A szerves összetevők meghatározása a biomassa elégetése után visszamaradt hamutartalom (ásványi anyagok, pl. karbonátok, szilikátok, oxidok stb.) elemzése alapján történik. A hamutartalmat szemügyre véve látszik, hogy ebben már nagyobb eltérések mutatkoznak. A fa elégetése után lényegesen kevesebb hamu keletkezik, mint a mezőgazdaságból származó melléktermékek esetén.

Égéshő és fűtőérték

A különböző fajtájú, növényi eredetű, szilárd biomassa összetételét tekintve közel azonosnak tekinthető, így természetesen az égéshő számításainál is közel azonos értékeket kapunk. Egy mérősorozat segítségével különböző fajtájú erdei fák bombakaloriméterrel mért fűtőértékét összevetették az elméleti úton számítható értékekkel és az eltérés nem haladta meg a 3%-ot (Molnár, 1999). Az elemi összetétel alapján a fafajok átlagára meghatározott égéshő 17,7 MJ/kg-ra adódott, ami abszolút száraz állapotra vonatkoztatva 16,36 MJ/kg fűtőértéknek felel meg (C=0,5; O=0,44; H=0,06).

A valóságos, mért értékek természetesen ettől eltérnek, mivel ezek függnek a fa fajtájától és minőségétől is. A minőség pedig energetikai szempontból elsősorban a sűrűséget jelenti, amit nagymértékben meghatároznak a termőhelyi adottságok. Néhány fafaj tömegre és térfogatra vonatkoztatott átlagos égéshőjének adatait mutatja a 2.3. táblázat. Az adatok jól szemléltetik, hogy tüzeléstechnikai szempontból legkedvezőbb az akác felhasználása, amely Magyarországon jelentős területen megtalálható. Meg kell azonban jegyezni, hogy az égéshő viszonylagosan magas értéke nem ad megfelelő támpontot a hasznosításhoz, mivel a hőnyerés szempontjából a fák fűtőértéke a meghatározó. A fűtőérték pedig sokkal inkább függ a fa nedvességtartalmától és a sűrűségétől, mint a fafajától, amit a következő táblázatok adatai jól szemléltetnek.

2.3. táblázat Különböző fafajok égéshője tömegre [MJ/kg] és térfogatra [MJ/m³] vonatkoztatva

Fafaj	[MJ/kg]	[MJ/m ³]
Akác	18,617	13590
Cser	18,133	13330
Gyertyán	16,696	13190
Tölgy	17,858	11608
Erdeifenyő	16,745	8205
Nyár	16,843	6400

Forrás: MOLNÁR, 2000

2.4. táblázat Az átlagos összetétel alapján számolt fűtőérték változása a nedvességtartalom függvényében

Nedvességtartalmi fokozatok	u [%]	F [MJ/kg]
Abszolút száraz	0	16,36
Túlszáritott	6	15,39
Szobaszáraz	8	14,96
Légszáraz (labor)	12	14,34
Légszáraz (üzemi)	18	13,48
Félszáraz	25	12,58
Félnedves	50	10,07
Élőnedves	89	7,47

Forrás: MOLNÁR, 2000

Az égési folyamat

Amint azt a 2.5. táblázat is mutatja, a biomassa égése több egymást követő részfolyamatra bontható. Ezek hossza több tényezőtől függ, amilyen a víztartalom, a kazántér hőmérséklete, a beadagolt anyag tömege. A sűrűség növekedésével csökken az anyag porozitása, így jelentősen megnő a gyulladási idő ill. a gyulladáshoz szükséges energia. Az alaki tényezők szempontjából az anyag felülete-térfogat aránya fontos. A fajlagosan nagyobb felületű anyagok könnyebben égnek, mert a nagyobb felszínről a gázok gyorsabban felszabadulnak. Az égési jellemzőket befolyásolja a hőmérséklet, a hővezetési tényező és az anyag anizotrópiája. A nagyobb hővezetési tényezőjű anyagok nehezebben égnek, mert a hő elvezetésre kerül. A láng terjedése a rostokkal párhuzamosan gyorsabb, mint keresztirányban. A keletkező nagyobb hőmérséklet felgyorsítja az égési folyamatot (MOLNÁR, 1999).

A fentiekben bemutatott (2.) összefüggés alapján a biomasszából ténylegesen kinyerhető fűtőérték sokkal inkább az anyag nedvességtartalmától, mint az összetételétől függ. A biomassa elégetése 20% alatti nedvességtartalom mellett javasolt, mivel efelett a fűtés gazdaságtalanná válik ill. egyéb káros hatások is jelentkeznek.

2.5. táblázat A biomassa égési folyamatai

Hőmérséklet [°C]	Folyamat	Jellemzők
100	felmelegedés	A légszáraz biomasszában lévő nedvesség (15-20%) távozik.
105-210	gázosodás	Bomlás kezdete, fokozatosan erősödik a gázok távozása.
220-260	lobbanási pont	Külső láng hatására a gázok meggyulladnak, de tartósan nem égnék. Endoterm reakció megy végbe.
260-290	égési pont	Az anyag tartósan égni kezd. Exoterm folyamat.
350-470	(ön)gyulladás pont	Az anyagból távozó gázok külső lángforrás nélkül meggyulladnak.
>470	égési szakasz	Az égési szakaszban a hőmérséklet fokozatosan emelkedik. Fatüzeléskor a tartós égés hőmérséklete 800-1100 C°. Az elméletileg elérhető max. hőfok 1550 C° (1).
1000	fagáz felbomlása	A fagáz szénre és hidrogénre bomlik és reakcióba lép a levegő oxigénjével. A fagázok tökéletes elégetésekor széndioxid és víz keletkezik. (2)
500-800	égési szakasz	A gázok eltávazása után a maradék faszén láng nélkül elizzik (2).

Forrás: MOLNÁR, 1999 és EBERT, 1997

2.2.2. A fás szárú biomassa főbb jellemzői

A Magyarországon előforduló főbb fás szárú tüzelők jellemző energia- és beltartalmi adatai az alábbi táblázatban láthatók.

2.6. táblázat Fás tüzelőanyagok jellemző adatai

Megnevezés	Nedves- ség- tartalom (%)	Fűtő-érték (MJ/kg)	Hamu- tarta-lom (%)	Elemi összetevők (%)					
				C	H	N	S	O	Cl
Akác	10	16,325- 18,411	0,8	44,89	5,45	0,33	0,09	38,43	0,01
Tölgy	44	9,046- 18,075	0,5	28,07	3,34	0,11	0,04	23,93	0,01
Bükk	37	10,530- 18,156	0,4	31,32	3,84	0,12	0,04	27,27	0,01
Nyár	32	11,778- 18,472	0,8	34,07	4,13	0,12	0,06	28,81	0,01
Nyír	28	12,933- 18,917	0,7	36,86	4,52	0,17	0,04	29,7	0,01
Fenyő	21	14,226- 18,659	0,58	40,58	4,94	0,13	0,05	32,71	0,01
Fűz	47	14,34- 17,98	0,9	26,24	2,85	0,41	0,04	22,52	0,01
Erdészeti apríték	26	11,6-16,7	6,2	31,47	4,2	0,14	0,04	31,92	0,03
Vágástéri hulladék	23	11,3-14,6	7,8	32,32	4,45	0,18	0,03	32,19	0,03
Fűrészpor	5,24	12,4-17,2	0,44	46,3	5,25	1,85	0,18	40,72	0,02
Faforgács	5,06	11,8-17,8	1,3	48,1	4,93	1,78	0,13	38,67	0,03
Gyümölcsfa nyesedék	27	8,4-14,7	0,73	36,55	4,46	0,14	0,04	31,05	0,03
Szőlő-venyige	29,04	15,23- 17,23	4,42	33,07	3,7	0,59	0,08	28,94	0,16

Forrás: FVMMI mérések

2.2.3. A lágyszárú biomassa főbb jellemzői

A Magyarországon előforduló főbb lágyszárú tüzelők jellemző energia- és beltartalmi adatai az alábbi táblázatban láthatók.

2.7. táblázat Lágyszárú tüzelőanyagok jellemző adatai

Megnevezés	Nedves- ség- tartalom (%)	Fűtő- érték (MJ/kg)	Hamu- tarta-lom (%)	Elemi összetevők (%)					
				C	H	N	S	O	Cl
Búza	12,1	15,32- 17,57	1,5	38,4	5,89	1,85	0,1	40,09	0,07
Rozs	10,5	14,96- 17,43	1,7	39,7	5,12	2,13	1,2	39,59	0,06
Kukorica- szem	8,6	16,5- 17,87	1,66	43,2	5,31	1,88	0,26	39,06	0,03
Kukorica- szár	9,56	16-17,5	3,49	42,22	4,84	2,64	0,1	37,1	0,05
Kukorica csutka	7,47	16,16- 17,4	1,13	44,94	4,79	0,43	0,26	40,93	0,06
Gabona szalma	13,1	15- 16,77	8,31	37,32	4,44	0,46	0,26	35,86	0,25
Repce- szalma	7,5	13-15	2,8	42,6	5,51	0,96	0,08	40,51	0,04
Repce préslvény	2,46	19,57- 21,5	5,7	47,8	6,74	4,6	0,58	32,1	0,02
Napraforgó- szár	7,63	15,2- 17,45	4,2	42,47	5,21	2,76	0,2	37,45	0,08
Napraforgó préslvény	9,27	16,6- 23,75	5,4	43,73	5,8	3,62	0,36	31,72	0,1
Energiafű	9	14,78- 16,84	5,5	46,45	6,01	1,5	0,2	31,22	0,12
Energianád	14,54	14,67- 16,8	2,61	40,41	4,92	0,28	0,05	37,09	0,1
Energia- kender	6,68	16,03- 17,25	3,4	43,57	4,79	0,56	0,15	40,78	0,07
Cukorcirok	9,96	14,73- 16,28	11,56	39,48	5,93	0,34	0,08	32,62	0,03

Forrás: FVMML mérések

A 2.8. táblázat táblázat a lágyszárú tüzelőanyagok jellemző beltartalmi adatainak átlagértékeit mutatja, a legtöbb elemre kiterjedően.

2.8. táblázat Lágyszárú tüzelőanyagok elemi összetételének jellemző középértékei

Paraméter	M.e.	Búza, rozs, árpa szalma	Olaj- repce szalma	Búza, rozs, árpa szem	Repce- mag	Viágzás előtti zöld pántlikafű (nyári)	Fű (álta- lában)	Miscan- thus (kínai nád)
Hamu		5,0	5,0	2,0	5,0	6,4	7,0	4,0
C	m% sz.	49	50	46	63	49	49	49
H	m% szhn.	6,3	6,3	6,6	7,5	6,1	6,3	6,4
O	m% szhn.	43	43	45	25	43	43	44
N	m% szhn.	0,5	0,8	2	4	1,4	1,4	0,7
S	m% szhn.	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Cl	m% szhn.	0,4	0,5	0,1	—	0,6	0,8	0,2
F	m% szhn.	0,0005	—	—	—	—	0,001	<0,0005
Al	m% szhn.	50	50	—	—	—	200	—
Ca	mg/kg sz.	4000	15	500	—	3500	3500	2000
Fe	mg/kg sz.	100	100	—	—	—	600	100
K	mg/kg sz.	10	10	5000	—	12	15	7000
Mg	mg/kg sz.	700	700	1500	—	1300	1700	600
Na	mg/kg sz.	500	500	—	—	200	1000	—
P	mg/kg sz.	1000	1000	4000	—	1700	3000	700
Si	mg/kg sz.	10	1000	—	—	12	15	—
As	mg/kg sz.	<0,1	<0,1	<0,1	—	0,1	0,1	0,2
Cd	mg/kg sz.	0,1	0,1	0,05	—	0,04	0,2	0,1
Cr	mg/kg sz.	10	10	0,5	—	—	1	1
Cu	mg/kg sz.	2	2	4	—	—	5	2
Hg	mg/kg sz.	0,02	0,02	<0,02	—	0,03	<0,02	0,03
Ni	mg/kg sz.	1	1	1	—	—	2	2
Pb	mg/kg sz.	0,5	2	0,1	—	1	1	2
V	mg/kg sz.	3	—	—	—	—	3	<1
Zn	mg/kg sz.	10	10	30	—	—	25	10

Magyarázat: adatforrás [2]; szhn. = szárazanyagra, hamu nélkül; sz. = szárazanyagra; a hamutartalom ISO 1171 (1997) szerint mérve 550 °C-on.

Forrás: OBERNBERGER et al., 2006.

2.2.4. A biomasz-tüzelőanyagok hamujának főbb jellemzői

A biomasz-tüzelőanyagok tüzelési szempontból fontos hamu-összetevőit az alábbi táblázat írja le, a fás- és lágyszárú tüzelők jellemző képviselőinek adataival.

2.9. táblázat Tüzelési szempontból fontos elemek koncentrációja különböző biomasszaféleségek hamujában

Hamu/Elemek	Faapríték (lucfenyő)	Kéreg (lucfenyő)	Szalma (búza, rozs)	Szemtermés (búza, triticale)
	(mt% sz.)	(mt% sz.)	(mt% sz.)	(mt% sz.)
Si	4–11	7–17	16–30	16–26
Ca	26–38	24–36	4.5–8.0	3–7
Mg	2.2–3.6	2.4–5.6	1.1–2.7	1.2–2.6
K	4.9–6.3	3.5–5.0	10–16	11–18
Na	0.3–0.5	0.5–0.7	0.2–1.0	0.2–0.5
	(mg/kg sz.)	(mg/kg sz.)	(mg/kg sz.)	(mg/kg sz.)
Zn	260–500	300–940	60.0–90.0	120–200
Cd	3.0–6.6	1.5–6.3	0.1–0.9	0.1–0.8

Magyarázat: adatforrás [3]; sz. = szárazanyagra.

Forrás: OBERNBERGER et al., 2006.

A 2.10. táblázatban található a biomasz-féleségek hamujának olvadákonyságára és a salak összesülésére vonatkozó jellemző eredmények.

2.10. táblázat Három előrejelzési módszer eredményei a biomasz-hamu összesülésére

Biomassza- féleség	Olvadákonyság				Apríthatóság					Tömöríthetőség				
	KD	S	H	F	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C
Fenyő	1190	1200	1220	1280	IK	IK	IK	IK	IK	nv	nv	nv	nv	nv
Nyár	>1400	>1400	>1400	>1400	IK	IK	K	K	K	70	60	180	90	40
Napraforgó	740	na	1360	1390	IK	K	NN	NN	NN	20	20	150	olv	olv
Búzaszalma	850	1040	1120	1320	IK	IK	K	NN	NN	40	130	260	olv	olv

Olvadákonyság— hőmérsékletek °C-ban. KD, kezdeti deformáció; S, szféra; H, hemiszféra; F, folyadék; Apríthatóság— IK, igen könnyű apríthatóság; K, könnyű; N, nehéz; NN, nagyon nehéz. Tömöríthetőség— az adatok Newtonban; nv, nem vizsgált; olv, olvadt.

Forrás: FERNANDEZ LLORENTE – CARRASCO GARCIA, 2005

2.3. A szilárd biomassza tüzelésének gazdasági értékelése. Üzemtervezés

2.3.1. Biomasszatüzelés családi házaknál

Magyarországon jelenleg mintegy 300-350 ezer család tüzel biomasszával. A kazánok túlnyomó része házilag barkácsolt, vagy 30-40 éve vásárolt, elavult berendezés, hatásfokuk nem éri el az 50%-ot. Károsanyag-kibocsátásuk jelentős. Az ilyen berendezéseket üzemeltető fogyasztók egy része a tüzelőanyagot ingyen, vagy minimális költséggel szerzik be míg, másik részük a gázfűtés mellett, – kiegészítő jelleggel, általában hétvégén – használja korszerűtlen biomasszás kazánját is.

Magyarországon- mintegy 400 MW kapacitással – néhány ezer speciális biomassza-tüzelő kazán működik, melyből kb. 100 db 1 MW-nál nagyobb teljesítményű. Utóbbiak adják az összkapacitás több, mint háromnegyedét és javarészt a ffeldolgozó iparban, kisebb hányaduk szárítókban, kukoricavetőmag-üzemekben és növényolajipari-üzemekben működik. Automatizáltságuk, környezetvédelmi jellemzőik, és 80-90%-os hatásfokuk alapján korszerűnek tekinthetők.

Az egységnyi fűtőértékre vonatkozó költséget a tüzelőanyagon kívül az alkalmazott tüzelőberendezés hatásfoka, az amortizációs- és a személyi költség, valamint a kényelmi- és környezetvédelmi jellemzők határozzák meg. Lakossági és kisvállalkozói fogyasztásnál a tökehiány, a földgáz-kazánoknál drágább biomassza-kazánok és a földgáz-hálózat kiépítettsége következtében az olcsóbb árfekvésű, de rossz hatásfokú, jelentős károsanyag-emisszióval jellemezhető kazánok iránt van kereslet. A hazai gyártású hőtermelő kazánok jellemző méretkategóriáit a 2.11. táblázat mutatja be.

2.11. táblázat Hőtermelő kazánok jellemző teljesítménytartományai

Felhasználás	Teljesítmény (kW)	Jellemzők
Lakossági (60-100 m ² -es ház)	30-80	kézi vezérlésű biomasszás kazán
	30-80	automata biomasszás kazán
	24-30	gázkazán
Intézményfűtésre	100-200	automata aprítéktüzelő kazán
	400-500	automata aprítéktüzelő kazán
		kiegészítő berendezések
	400-500	automata gázkazán égővel

Forrás: Kazángyártók adatai, 2004 (ÁFÁ-s ár)

Jelenleg a biomasszára alapozott fűtés – családi házaknál a berendezés rossz hatásfoka, vállalkozásoknál a tűzifa viszonylag magas ára miatt - csak saját alapanyag felhasználása esetén kifizetődő. Egy átlagos családi ház tüzelőanyag-szükségletét 4-8 hektár területen termelt energiaerdő anyagával lehet előállítani.

2.3.2. A biomassza szerepe az intézmény- és távfűtésben

A távhőszolgáltatás Magyarországon közel 2 millió embert (ami a lakosság közel 20 %-a) érint és az ország lakásállományának mintegy 17%-át. 109 településen 650 ezer lakás ellátása évente mintegy 55-60 Mrd Ft-os költséget jelent a távhőszolgáltató cégeknek. Mivel a helyi önkormányzatok által megállapított távhődíjak – az ezt igénybe vevő lakosság alacsonyabb jövedelmi helyzete miatt – sokszor önköltségi árat jelentenek, ezért a távhőszolgáltatók jelentős része likviditási gondokkal küzd. A helyzetet súlyosbítják a be nem fizetett távhődíjak (2,5-3 Mrd Ft/év), a korszerűtlen, egycsöves fűtési hálózat, valamint a konkurens földgáz és földgáz-lobby által okozott piacvesztés. A távhőszolgáltatók mellett, a lakosság is kiszolgáltató volt, mivel részükre az alábbi tényezők többletköltséget jelentenek:

- a kilépőkre jutó állandó költségek a rendszerben maradó lakosoknál,
- a mérés alapján történő elszámolás az átlagosnál rosszabb hőtechnikai adottságú lakásoknál,
- az energetikai hatékonyságot célzó korszerűsítések a magas kamatköltségek miatt az összes fogyasztónál.

A tervek szerint a költségek további csökkentése van előirányozva. A korszerű aprítéktüzelők igen jó hatásfokkal (85-90%) és alacsony károsanyag-kibocsátással üzemelnek, ezért az önkormányzatok részére célszerű lehet egy kisebb teljesítményű (nyári melegvíz-ellátást szolgáló) és egy nagyobb kapacitású (téli alapellátást kielégítő) biomasszás (esetleg napelemmel kombinált) kazán, valamint – a téli csúcsidőszakok hőellátására – egy gázkazán üzembe helyezése. Ez a biztonsági tényezők mellett lehetővé teszi alacsonyabb (esetleg időszakos) rendelkezésre állási díj kikötését a gázszolgáltatóval.

2.3.3. Biomasszatüzelés erőművekben

A faapríték legnagyobb arányú felhasználása Magyarországon jelenleg átalakított hőerőművekben történik. Ezek az emissziós előírások teljesítése érdekében választották ezt a tüzelőanyagot. Az erőművi biomassza-tüzelés a korábban csak részben hasznosított tűzifa mennyiségét szinte teljes mértékben lekötötte. Emiatt a lakossági tűzifa ára emelkedett. A további tüzelőanyag-igényt a nehezebben kitermelhető vágástéri hulladékokból, illetve a mezőgazdasági melléktermékek energetikai felhasználásából és energiaültetvények telepítéséből lehetséges fedezni.

2.3.4. Bio-fűtőmű tervezése (energiaerdő-aprítékkal)

A többi bioenergetikai üzemtől abban különbözik, hogy hőenergia-hasznosítás esetén az üzemeltetés az év lényegesen kisebb időszakában valósítható meg. A földgáz helyettesítése esetén a megtakarítás a földgáz értéke. Veszteség két helyen jelentkezik: a kazánnál, valamint az energia fogyasztóhoz történő szállításánál. Vetésváltással nem kell

számolni, hiszen az alapanyag nem egyéves növény, így az ütemezett betakarítás révén minden évben betakarítható a működéshez szükséges alapanyag.

Alapadatok

- üzem kapacitása: 2 MWth
- üzemidő: 4500 üzemóra/év, kazánhatásfok (η_{th}): 90 %, szállítási veszteség: 10 %
- felhasznált alapanyag: energiaerdő-apríték, 15 t/ha átlaghozam, 15 eFt/t piaci ár 12 MJ/kg fűtőérték
- helyettesítő termék: földgáz, ennek fogyasztói ára: 129 Ft/Nm³, fűtőértéke: 34 MJ/Nm³, fűtőértékre vonatkoztatott ára: $129 / 34 = 3,8$ Ft/MJ
- alapanyag-költség részaránya: 60 %
- fajlagos beruházási költség: 200 MFt/MWth, átlagos amortizációs kulcs: 6 %/év
- átszámításhoz szükséges fajlagos: 1 GWh = 3,6 TJ

Számítások

1. **Szükséges alapanyag-mennyiség** évente: $2 \text{ MWth} \times 4500 \text{ h/év} / 90 \% \text{ hatásfok} = 10 \text{ GWh}$ alapanyag, ez megfelel $10 \text{ GWh} \times 3,6 = 36 \text{ TJ}$ -nak, mely megfelel $36 \text{ TJ} / 12 \text{ MJ/kg} = 3$ ezer t/év alapanyagoknak
2. **Integrálandó terület:** $3 \text{ ezer t/év alapanyag} / 15 \text{ t/ha átlaghozam} = 200 \text{ ha}$
3. **Beruházás-igény:** $2 \text{ MWth} \times 200 \text{ MFt/MWth} = 400 \text{ MFt}$
 - a. Amortizációs költség: $400 \text{ MFt} \times 6 \% = 24 \text{ MFt/év}$
4. **Termelési költség:**
 - a. $3 \text{ ezer t/év faapríték-mennyiség} \times 15 \text{ eFt/t aprítékár} = 45 \text{ millió Ft/év}$
alapanyag-költség / 60 % részarány = 75 millió Ft/év
 - b. Ebből kiadás: $75 \text{ MFt termelési költség} - 24 \text{ MFt Ft amortizációs költség} = 51 \text{ MFt/év}$, amelyből 45 MFt/év az alapanyag, 6 MFt/év pedig az egyéb kiadások összege.
5. **Bevételek:**
 - a. Hő-értékesítés (földgáz-megtakarítás) mennyisége: $(2 \text{ MWth} \times 4500 \text{ h/év}) - 10 \% \text{ szállítási veszteség} = 8,1 \text{ GWh/év}$, melynek hőértéke $8,1 \text{ GWh/év} \times 3,6 = 29,2 \text{ TJ/év}$, amely a kazánban előállított 32,4 TJ/év hőmennyiségből végül eljut a fogyasztóig.
 - b. Az eladott hő (megtakarított földgáz) pénzértéke: $29,2 \text{ TJ/év} \times 3,8 \text{ Ft/MJ} = 111 \text{ MFt/év}$
6. **Nettó jövedelem:** $111 \text{ MFt/év termelési érték} - 75 \text{ MFt/év termelési költség} = 34 \text{ MFt/év}$
7. **Pénzforgalmi egyenleg:** $111 \text{ MFt/év bevétel} - 51 \text{ MFt/év kiadás} = 60 \text{ MFt/év}$
 - a. Statikus megtérülési idő: $400 \text{ MFt} / 60 \text{ MFt/év} = 6,7 \text{ év}$.

8. Önköltség:

- a. $75 \text{ Mft/év termelési költség} / 32,4 \text{ TJ évente előállított hő} = 2,3 \text{ Ft/MJ}$, vagyis közel 50 % (1,5 Ft/MJ) nyereségünk képződik a földgázból történő hőelőállításához képest a megadott paraméterek alapján.

2.3.5. Bio-erőmű tervezése (energiaerdő-aprítékkal)

A biofűtőműtől abban különbözik, hogy működtetése gyakorlatilag folyamatos és hogy nemcsak hő, hanem villamosenergia-előállítás is történik, sőt ez utóbbi tekinthető főterméknek. A villamos áram értékesítése garantált és államilag támogatott zöldáram-áron történik, a hulladék hőé viszont nem garantált és lényegében ennek mértéke, valamint ára szabja meg az eljárás gazdaságosságát. Vetésváltással itt sem kell számolni a megadott alapanyag esetén.

Szükséges alapadatok

- üzem kapacitása: 2 MWe
- üzemidő: 8000 üzemóra/év,
- hatásfokok: η_e : 32 %, η_{th} : 53 % önfogyasztás, illetve veszteség: 15 %
- felhasznált alapanyag: energiaerdő-apríték, 15 t/ha átlaghozam, 15 eFt/t piaci ár 12 MJ/kg fűtőérték
- zöld villamos áram átvételi átlagára: 32 Ft/kWh
- hőenergiánál a helyettesítő termék: földgáz, ennek fogyasztói ára: 129 Ft/Nm³, fűtőértéke: 34 MJ/Nm³, fűtőértékre vonatkoztatott ára: $129 / 34 = 3,8 \text{ Ft/MJ}$
- alapanyag-költség részaránya: 50 %
- fajlagos beruházási költség: 1 Mrd Ft/MWe, átlagos amortizációs kulcs: 8 %/év
- átszámításhoz szükséges fajlagos: 1 GWh = 3,6 TJ

Számítások

9. **Szükséges alapanyag-mennyiség** évente: $2 \text{ MWe} \times 8000 \text{ h/év} / 32 \% \text{ elektromos hatásfok} = 50 \text{ GWh}$ alapanyag, ez megfelel $50 \text{ GWh} \times 3,6 = 180 \text{ TJ}$ -nak, mely megfelel $180 \text{ TJ} / 12 \text{ MJ/kg} = 15 \text{ ezer t/év}$ alapanyagnak

10. **Integrálandó terület:** $15 \text{ ezer t/év alapanyag} / 15 \text{ t/ha átlaghozam} = 1000 \text{ ha}$

11. **Beruházás-igény:** $2 \text{ MWe} \times 1 \text{ Mrd Ft/MWe} = 2 \text{ Mrd Ft}$

- a. Amortizációs költség: $2 \text{ Mrd Ft} \times 8 \% = 160 \text{ Mft/év}$

12. Termelési költség:

- b. $15 \text{ ezer t/év faapríték-mennyiség} \times 15 \text{ eFt/t aprítékár} = 225 \text{ millió Ft/év}$
alapanyag-költség / 50 % részarány = 450 millió Ft/év

- c. Ebből kiadás: 450 MFt termelési költség – 160 MFt Ft amortizációs költség = 290 MFt/év, amelyből 225 MFt/év az alapanyag, 65 MFt/év pedig az egyéb kiadások összege.

13. Bevételek:

- d. Zöld villamos-áram értékesítése
- i. előállított áram mennyisége: $2 \text{ MWe} \times 8000 \text{ h/év} = 16 \text{ GWh/év}$, ebből 15 % önfogyasztás: $16 \text{ GWh/év} \times 85 \% = 13,6 \text{ GWh/év}$ értékesíthető
 - ii. eladható áram értéke: $13,6 \text{ GWh/év} \times 32 \text{ Ft/kWh} = 435,2 \text{ MFt/év}$
- e. Hő-értékesítés (földgáz-megtakarítás) elméletileg
- i. előállított hő mennyisége: $(50 \text{ GWh/év alapanyag} \times 53 \% \text{ hő-előállítási hatásfok}) = 26,5 \text{ GWh}$, ebből még 15 % veszteség = $26,5 \text{ GWh/év} \times 0,85 = 22,5 \text{ GWh/év}$, mely megfelel $22,5 \text{ GWh/év} \times 3,6 = 81 \text{ TJ/év}$ hőmennyiségnek
 - ii. az elméletileg eladható hő értéke: $81 \text{ TJ/év} \times 3,8 \text{ Ft/MJ} = 307,8 \text{ MFt/év}$
- f. Elméletileg elérhető összes bevétel/termelési érték: 743 MFt/év

14. **Nettó jövedelem:** 743 MFt/év termelési érték – 450 MFt/év termelési költség = 293 MFt/év

15. Pénzforgalmi egyenleg:

- g. Teljeskörű hőértékesítésnél (földgáz áron): 743 MFt/év bevétel – 290 MFt/év kiadás = 453 MFt/év
- i. Statikus megtérülési idő: $2000 \text{ MFt} / 453 \text{ MFt/év} = 4,4 \text{ év}$.
- h. Amennyiben csak fél évig, hőenergetikai célra tudjuk értékesíteni (földgáz-áron) a hőt: $(435,2 + 307,8/2) \text{ MFt/év}$ bevétel – 290 MFt/év kiadás = 299 MFt/év
- i. Statikus megtérülési idő: $2000 \text{ MFt} / 299 \text{ MFt/év} = 6,7 \text{ év}$.

16. Önköltség:

- i. Teljeskörű hőértékesítésnél (földgáz áron): 450 MFt/év termelési költség – 307,8 MFt/év hőenergia-költség = 142,2 MFt nettó termelési költség terheli a főterméket, $142,2 \text{ MFt} / 16 \text{ GWh villamos áram} = 8,9 \text{ Ft/kWh}$ a zöld villamos áram önköltsége, mely rendkívül versenyképes bármilyen erőműben előállított áram árával
- j. Amennyiben csak fél évig, hőenergetikai célra tudjuk értékesíteni (földgáz-áron) a hőt: 450 MFt/év termelési költség – 307,8/2 MFt/év hőenergia-költség = 296,1 MFt nettó termelési költség terheli a főterméket, $296,1 \text{ MFt} / 16 \text{ GWh villamos áram} = 18,5 \text{ Ft/kWh}$ lenne a zöld villamos áram önköltsége a megadott paraméterek alapján, vagyis közel 10 Ft/kWh-magasabb, mintha teljes mértékben földgáz helyettesítésére tudnánk felhasználni a hulladékhőt.

3. A BIOÜZEMANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK TECHNOLÓGIÁI

3.1. A bioüzemanyagok jelentősége

A bioüzemanyagok alkalmazása és fejlesztése gyakorlatilag egyidős a belsőégésű motorokkal, használatukat azonban az olcsó kőolaj korán háttérbe szorította, és csupán nehéz gazdasági helyzetben, illetve háborús körülmények között kerültek elő hosszabb-rövidebb időre. Kutatásuknak az 1973-as olajválság adott újabb lendületet, majd a környezetvédelmi törekvések hatására az elmúlt évtizedben indultak jelentős terjedésnek.

A föld egy multifunkcionális erőforrás, mely sokféle célra (lakás, infrastruktúra, turizmus, bányászat, mezőgazdaság, erdészet) alkalmas és korlátozott volta miatt azon tevékenységek hasznosulnak, melyekért a legtöbbet tudnak fizetni. A hajtóanyagok piaca gyakorlatilag korlátlan és fizetőképesebb az élelmiszernövények piacánál, ezért a bioüzemanyagok termesztése egyre jelentősebb termőterületet foglal el, ezáltal csökkenti a hagyományos gazdálkodás céljaira termesztett növények vetésterületét, amelyet súlyosbít a legfontosabb kultúrákban az egyre kisebb mértékű hozamnövekedés (Popp, 2013). A 2006-2008-as drasztikus élelmiszer-árrobbanás rávilágított a hagyományos alapanyagok korlátaira, a gazdaságosság / élelmiszerbiztonság / fenntarthatóság dilemma megválaszolásának nehézségeire is. A bioüzemanyagok vizsgálata, megítélése tehát nem egyszerű, hiszen egyszerre több, egymással olykor ellentétes szempontot kell értékelni.

Olajgazdaság, energiaválság

Az életszínvonal növelése – az energiatakarékossági intézkedések ellenére – egyre több energiát kíván. Ez elsősorban a fejlődő országokban jelentkezik, hiszen ott az energiatakarékosság sokszor még gyermekcipőben jár, de hatással van a hazai importenergia árára, beszerzésének biztonságára, valamint mezőgazdasági piacokra is. Nagy problémaként jelentkezik azonban a termelés és a felhasználás térbeli struktúrájának eltérése, az EU energiafüggősége 55%, míg az olajimport eléri a 84 %-ot (Eurostat, 2013).

Korábban úgy vélték, hogy a fosszilis tartalékok kimerülése után nagyrészt pótolhatjuk megújulókkal, ám 2010-es évek elejétől már olyan prognózisok is napvilágot látnak, ahol a "zöld" energiát már csak kiegészítő jelleggel említik (Lázár et al, 2014). A Világ energiafogyasztása közel egyenletesen, az utolsó 20 évben évente átlagosan 2,3 %-kal növekedett és 2011-ben elérte az 549 EJ-t. A különböző energiahordozók közül a legnagyobb részarányt, mintegy 31 %-ot a kőolaj tesz ki, annak ellenére, hogy 2003 óta lényegében stagnál a kitermelése (2011: 4050 Mt, World Energy Statistics Yearbook, 2012). Ennek a hatalmas mennyiségnek és az ehhez kapcsolódó infrastruktúrának a

helyettesítése mindinkább sürgető, mindenképpen megoldandó, ám rendkívül nehéz feladat. 2008-ban 1,1 milliárd hordóra becsülték a még felszínre nem hozott olajtartalékok mennyiségét. Ebből az adatból és a kőolaj-termelési előrejelzésekből számolva jelenlegi tudásunk szerint 2045 körül merül ki az olajtartalék, ha addig a felhasználási ütem nem változik.

Ez persze nem jelenti azt, hogy időközben ne fedeznének fel újabb lelőhelyeket, és azt sem, hogy a kőolaj termelési technológia fejlődésével a ma gazdaságtalanul kiaknázzható olaj ne kerülne felszínre. Ezt látszik igazolni Maugeri (2012) tanulmánya, mely alapján 2020-ra 110 000 ezer bbl/nap-ra emelkedhet a Világ kőolajkitermelése az eddig még kiaknázzatlan olajpala, olajos szurokföld és „pre-salt” olajlelőhelyek termelésbe vonásával. A kitermelés ilyen mértékű emelkedése az olajárak drasztikus csökkenését vonná maga után, amely valószínűleg ellehetetlenítené a bioüzemanyagokat – arról nem is beszélve, hogy a fentebb említett lelőhelyek többsége nem a Közel-Keleten található, így nagymértékű hatalmi és külpolitikai átrendeződéseket is maga után vonna ez a szcenárió.

2000-201 között a globális benzinfogyasztás közel 11%-kal, a gázolaj felhasználása 22,6%-kal nőtt. Ez a fejlődés elsősorban a fejlődő országok terjedő motorizációjára vezethető vissza. Kína benzinfogyasztása a jelzett időszakban 81%-kal, gázolaj felhasználása 101%-kal emelkedett, India benzinfogyasztása 120%-kal, dízel-fogyasztása 47%-kal nőtt. Míg az európai benzinfogyasztás jellemzően 26%-kal csökkent, a dízelágazat átlagosan 13%-os bővülést könyvelhetett el (EIA, 2012).

Bár az olajnak csak 75 %-át használja fel a közlekedés, ám a közlekedésben az olajtermékek a meghatározóak (93 %), ezért mind a vegyiparban, mind a közlekedésben komoly fennakadások jelentkezhetnek, amennyiben nem sikerül megoldani ezt a problémát. A kőolajfogyasztásnak azonban csak az egyik problémája a források drágulása és szűkülése, a károsanyag-kibocsátási szempontok miatt lehetőleg nemcsak alternatív-, hanem megújuló hajtóanyagokban célszerű gondolkodni.

A jelenleg üzemelő 820 millió személygépkocsi 96 %-a fosszilis üzemanyaggal közlekedik. A bioüzemanyagok ma a globális energiatermelés 0,6 %-át, a bioenergia 5 %-át és a globális üzemanyag-fogyasztás 3 e%-át teszik ki. A közlekedés részaránya az EU és Magyarország energiafelhasználásában egyaránt mintegy 30 %, (Popp, 2013), ám a költségekben, ezek tovagyrűző hatásában, valamint a károsanyag-kibocsátásban jóval nagyobb a jelentősége.

Problémát jelent, hogy a Tóth T. (2011, 2013) által elvégzett reprezentatív felmérések alapján a magyar fogyasztók meglehetősen alulinformáltak, tudatlanok a megújuló energetika, illetve a bioüzemanyagok területén. A fenti kutatások bioetanollal kapcsolatos eredményei a következőkben foglalhatók össze:

Az elmaradott térségben (Hernád-völgy) zajló kutatás alapján a szél-, a nap- és a vízenergia fogalmi és alapszintű ismerete a legnagyobb, míg a bioetanolé a legalacsonyabb. A fogalmi szintű ismeretek igen nagymértékben eltérnek az alapszintű ismeretektől. A biomassza szó kifejezést a megkérdezettek 61%-a hallotta már, viszont a válaszadóknak csak 22%-a rendelkezik bővebb ismerettel. Bioetanol esetén csak 30 %, ill. 6 % az arány. Az elfogadottság és a megvalósíthatóság minden megújulás eljárásnál alacsony értékekkel jellemezhető, ami a vélt, vagy valós félelmekkel és a hiányos, vagy téves információkkal magyarázható.

A vizsgált településeken a bioetanol-üzemek elfogadottsága a bioenergetikai üzemeken belül a legjobb (15 %), bár csak fele a nap- és szélenergetikai berendezéseknek. A bioetanol-üzemek megvalósíthatóságát (8 %) jóval kevesebben látják reálisnak, az elfogadottságuknál (15 %) még nagyobb a lemaradás a nap- és szélenergiához képest

Vitatott kérdések a bioüzemanyagok alkalmazásával kapcsolatban

A globális biohajtóanyag-piacon meghatározó jelentőségű bioetanol és biodízel megítélése azonban korántsem egyértelmű, az energetikusok, a környezetvédők, a közgazdászok, a gazdálkodók, az autósok, valamint a politikusok körében. A szkeptikusok elsősorban a következő fenntartásokat szokták megfogalmazni:

- Gazdaságtalan az alkalmazásuk, támogatásra szorulnak.
- Éhínséget okoznak részben közvetlenül („az autóba töltjük az élelmiszert”), részben közvetve (az élelmiszer- és takarmányárak növelése miatt).
- Területet foglalnak el az élelmiszer-előállítástól, valamint egyik okai az esőerdők kiirtásának.
- Energetikai hatékonyságuk gyenge, több energiát használunk fel az előállításukhoz, mint amennyit nyerünk a felhasználásukkal.
- Környezet- és természetvédelmi hatásuk negatív, az intenzív termesztésnek és a speciális fajtáknak köszönhetően.
- Kevés munkahelyet teremtenek az automatizált technológiák miatt.
- Az újabb generációs üzemanyagok rövid időn belül egyébként is kiszorítják őket a piacról.

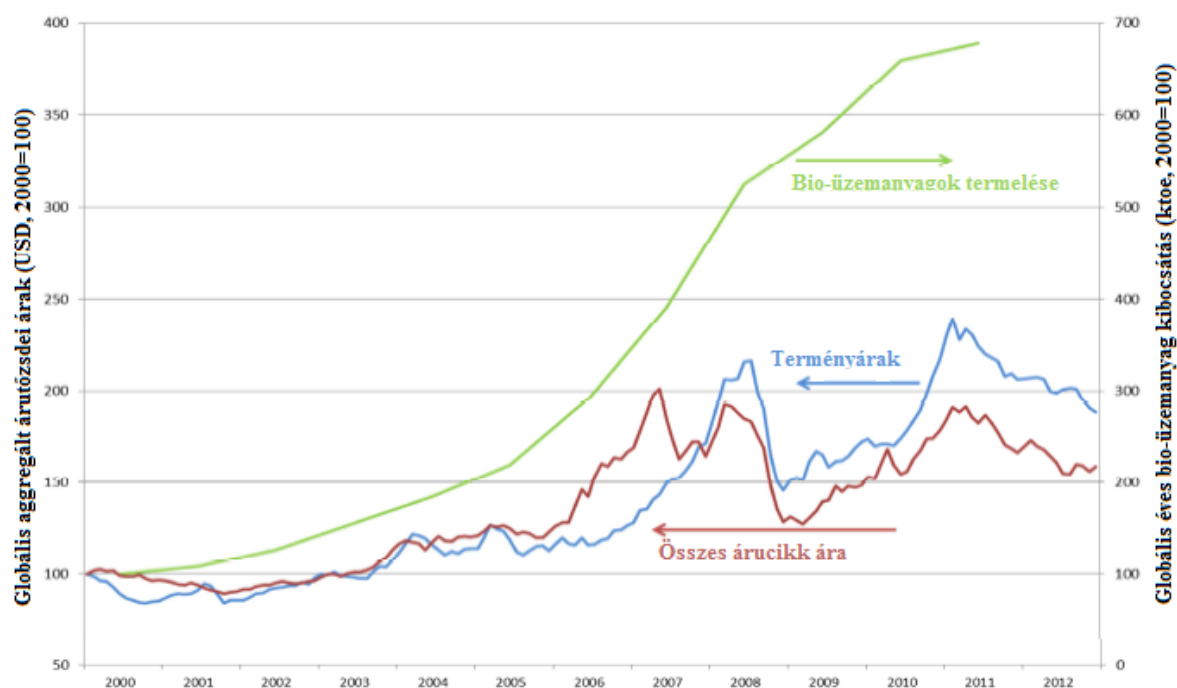
Ezek a vélemények leegyszerűsítik problémát, az alábbiak miatt:

A sokat idézett Mitchell-jelentés szerint (Chakraborty, 2008) a 2002 januárja és 2008 februárja között bekövetkezett drasztikus (140 %-os) élelmiszerár-növekedésből 20 %-ot a gyenge dollár-árfolyam, 35 %-ot az olajár-emelkedés, míg 85 %-ot a bioüzemanyagok okoztak. Más szakértők szerint jóval mérsékeltebb ez a hatás és a tanulmányt utólag a legtöbb ezzel foglalkozó nemzetközi szervezet (közte a Világbank és a FAO) félrevezetőnek értékelte, mégis érdemes néhány tényt megemlíteni..

A bio-üzemanyagok veszélyeivel kapcsolatos ellenvélemények elsősorban a földhasználat változásával, az energetikai vetésterület bővülésével és az élelmiszertermelésre szolgáló területek csökkenésével kapcsolatosak. Természetesen bármely termék keresletének növekedése a kínálat kisebb mértékű emelkedése esetén szabadpiaci körülmények között áremelkedéssel jár. A kereslet növekedését azonban túlnyomórészt nem az üzemanyag-piac okozza. 2012-ben a globális etanol-előállítás fő alapanyagai a kukorica (140 Mt, USA, EU, Kína), a cukornád (300 Mt, Brazília) és a búza (10 Mt, EU) voltak. A bioüzemanyag-üzemek a globális gabonatermés bruttó 8 %-át (a kukorica 15 %-át, a búza 1,5 %-át), a cukornád 22 %-át, a melasz 24 %-át, a repcetermés 26 %-át, a szójatermés 15 %-át, a napraforgó-termesztés 0,4%-át és a pálmaolaj 7,8%-át (átlagosan az olajnövények 12 %-át) használták fel (Popp, 2010, F.O. Licht, 2012). Ennek részaránya a fejlett országokban természetesen sokkal jelentősebb (USA: kukoricatermés 40 %-a, EU: repce mintegy 60 %-a, cukorrépa 10 %-a), ott azonban az éhezés nem merül fel problémaként.

Az USDA statisztikája szerint a kukorica Világpiacát meghatározó USA kukoricatermés-növekedése csak felerészben szolgálta a bioetanol előállítását, a másik feléből élelmiszert, illetve takarmányt állítottak elő. Mindkét bioüzemanyag esetében igaz, hogy a melléktermékek takarmányozási célú felhasználását nem veszi figyelembe a statisztika. Ennek fényében elmondhatjuk, hogy a bioüzemanyag-gyártás korántsem igényel annyi alapanyagot, hogy számottevő mértékben befolyásolja az élelmiszerek rendelkezésre állását.

A 3.1. ábra jól mutatja, hogy az élelmiszerárak sokkal inkább az egyéb termékek áraival korrelálnak, mintsem a bioüzemanyag-előállítás volumenével.



3.1. ábra A globális élelmiszerek és egyéb termékek árai, valamint a bioüzemanyag-gyártás alakulása

Forrás: ECOFYS, 2013

A hazai ellátást még kevésbé veszélyezteti a bioüzemanyagok piaca. Az utóbbi évek adatai alapján átlagosan 4,7 Mt gabonaféle és 0,8 Mt olajnövény áll rendelkezésre a belföldi igények ellátását követően. Ez a mennyiség 2,2 M l bioetanol és 0,4 M l biodízel biztos előállítását tenné lehetővé évente, melyek többszörösen meghaladják a 2013-as értékeket (280 M l bioetanol és 160 M l biodízel). A kukoricatermesztésnél elsősorban a talajadottságok (legjobb talajok), a repcénél a tájegység (kifagyásveszély), mindkét olajnövénynél pedig a vetésváltás korlátozhatja a potenciális termőterületet. Ugyanakkor a bio-üzemek alapanyag-ellátását függetleníteni kell az évjáratok hatásától, hiszen az igen jelentős beruházás állandó költségeinek csökkentése csakis a minél jobb kapacitáskihasználással érhető el. Ilyen módon viszont egy túlméretezett kapacitás a belföldi élelmiszer- és takarmány-ellátást is bizonytalanná teheti, illetve szükségessé teheti a stratégiai készletezés megoldását.

A kérdés úgy is feltehető: mi a kedvezőbb a magyar gazdáknak és vidéknek a növényi termékek exportja esetén: (1) ha alapanyagként értékesítjük a külfiacon, (2) ha állati terméként próbáljuk eladni (ami a külföldi termékekkel szemben sokszor nehezen tehető versenyképessé és kvóták is szabályozzák), vagy pedig, (3) ha hazánkban állítunk elő egy gyakorlatilag korlátlan piaccal bíró terméket (üzemanyagot), itt teremtve munkahelyeket, helyi piacot, infrastrukturális fejlesztéseket. Utóbbinak is megvan természetesen a veszélye, nemcsak alapanyag-oldalról, hanem a külföldi tőke érdekérvényesítő képessége miatt is.

A takarmányárak emelkedésével kapcsolatban figyelemre méltó tény, hogy a biodízelgyártásban az alapanyagok mintegy fele, a bioetanol esetén körülbelül egyharmada takarmányként (is) hasznosítható. Miután a fehérje nem alkalmas sem biodízel, sem bioetanol előállítására, ennek teljes mennyisége a melléktermékekben visszamarad. A DDGS 26-35 %, az olajmagdarák 35-36 % fehérjét tartalmaznak, 2013-as áraik (40-50 eFt/t, illetve 60-70 eFt/t, AKII, 2013) jelentősen elmaradnak a helyettesített fehérjetakarmányok árától, s ez ellensúlyozza a kérődző és sertés ágazatokban a megnövekedett keresletből származó áremelkedést. Mindezzel egybecseng, hogy a www.zoldtech.hu 2009.01.29-i cikke szerint az amerikai gazdák 55 százaléka ajánlana fel nyersanyagot kukoricaterméséből az etanoliparnak. Az USDA statisztikája szerint a kukorica világpiacát meghatározó USA kukoricatermés-növekedése csak felerészben szolgálta a bioetanol előállítását, a másik feléből élelmiszert, illetve takarmányt állítottak elő (Magyar Bioetanol Szövetség, 2008).

A környezetvédelmi szempontok vizsgálatakor az intenzív termelés és a speciális fajták kizárása az élelmezésbiztonságot sodorná veszélybe. A gabonafélék iránti kereslet globális szinten évi 1-1,3 %-kal nő, míg a normál hozamnövelés a 70-es évekből átlagosan 3-5 %-ról évi 1-2 %-ra esett vissza. Vannak olyan kukorica-hibridek, amelyekből a hagyományos fajtáknál tonnánként 8-12 százalékkal több etilalkohol nyerhető ki. E hibridek közül több a szárazságot is jól tűri, ellenálló különféle betegségekkel szemben, és ez megteremti a lehetőséget, hogy a globális klímaváltozás nyomán az Alföld szárazabbá válásához alkalmazkodó növények termesztésére térjenek át az e régióban gazdálkodók

(Jolánkai, 2007). Környezetvédelmi szempontból is lényeges, hogy bioetanol előállítására nagyobb Harvest-indexű gabonafajtákat érdemes vetni (a Harvest-index a növény vegetatív-generatív részeinek aránya), valamint hogy az etanolgyártás céljára termesztett búzához akár 60-80 százalékkal kevesebb nitrogénműtrágya szükséges, hiszen a cél nem a siker-, hanem a szénhidrát-tartalom fokozása.

A kemizálásban rejlő veszélyeket nem az energetikai célú termesztés, vagy az intenzív termesztés-technológia okozza, hanem utóbbi szakszerűtlen megvalósítása. A Renewable Fuels Agency megbízásából 2008-ban készített felmérés a bio-üzemanyag-alapanyagok származási helye szerint számította ki az esetleges emisszió-megtakarítást. Eszerint a brazil szójaolaj használata 10%-os, a repceolaj 30 %-os, a délkelet-ázsiai pálmaolaj 40 %-os, a brazil cukornád 70 %-os, míg a használt zsiradékok 80 %-os emisszió-megtakarítást eredményeznek a hagyományos üzemanyagokhoz képest. A bioetanol oxigéntartalma 35 vol%, míg a benziné elhanyagolhatóan kicsi. Az oxigén jelenléte tökéletesebb égést tesz lehetővé, ami csökkenti a szénhidrogén (CH) és a szénmonoxid (CO) kibocsátást, ugyanakkor növeli a nitrogén (NO₂) vegyületek mennyiségének légkörbe jutását (Szulczyk, 2007). Alapanyagok szerint vizsgálva, a cukorrépa-etanol alapértelmezett üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítási értéke 52 %, a búza-etanol 16-69 %, a kukorica-etanol 49 %, amely jóval magasabb a repcealapú biodízelnél (38 %), viszont alacsonyabb a biometánnál (73-82 %) és az újabb generációs hajtóanyagoknál (79-96 %).

A környezetvédelmi hatást vizsgálva a bioetanol felhasználáskor a benzinhoz képest jelentős a kibocsátás-csökkenés, míg a földhasznosítással, valamint az alapanyag szállításával, tárolásával és feldolgozásával emisszió-növekedéssel jár együtt. A Greenpeace környezetvédelmi szervezet szerint a növényi eredetű üzemanyagok gyártása nem csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását, csak a keletkezésük helye változik meg.

A bioüzemanyagok termelése akkor is a földhasználat változását okozza, ha az alapanyaguk termelésére használt terület korábban is mezőgazdasági terület volt. Ennek oka, hogy az élelmiszerláncból kiesett területet és az ott termett terményt pótolni kell máshol, akár más kontinensen, így a földhasználat változásának máshol kell bekövetkeznie. A földhasználat változása jelentheti új területek (esőerdők, szavannák, marginális termőterületek) termelésbe vonását, vagy a termelés intenzívebbé tételét a meglévő területeken. Bármelyik eshetőség nagymennyiségű széndioxid felszabadításával, illetve kibocsátásával járhat (AKI, 2012). Ennek mértékének megbízható becslése azonban még megoldatlan. A 2009/28 EK irányelv szerint: „...az energia- és az ÜHG-mérleg egyaránt az alkalmazott alapanyag-előállítási és -feldolgozási technológiák függvénye; a szórás ezek között óriási. A hatások objektív megítéléséhez üzemspecifikus vizsgálatok szükségesek.”

A bioüzemanyagok, így a kukoricára alapozott etanolgyártás energiamérlegét a legtöbb számítás pozitívnak (a cukornád alapú etanolt jelentősen pozitívnak) ítéli meg, amelyet jelentősen befolyásol a termőhely, az alapanyag- és a bioetanol-előállítás technológiája, a melléktermékek hasznosítása, illetve megújuló energiaforrások használata, valamint a szállítási távolságok (3.1. táblázat).

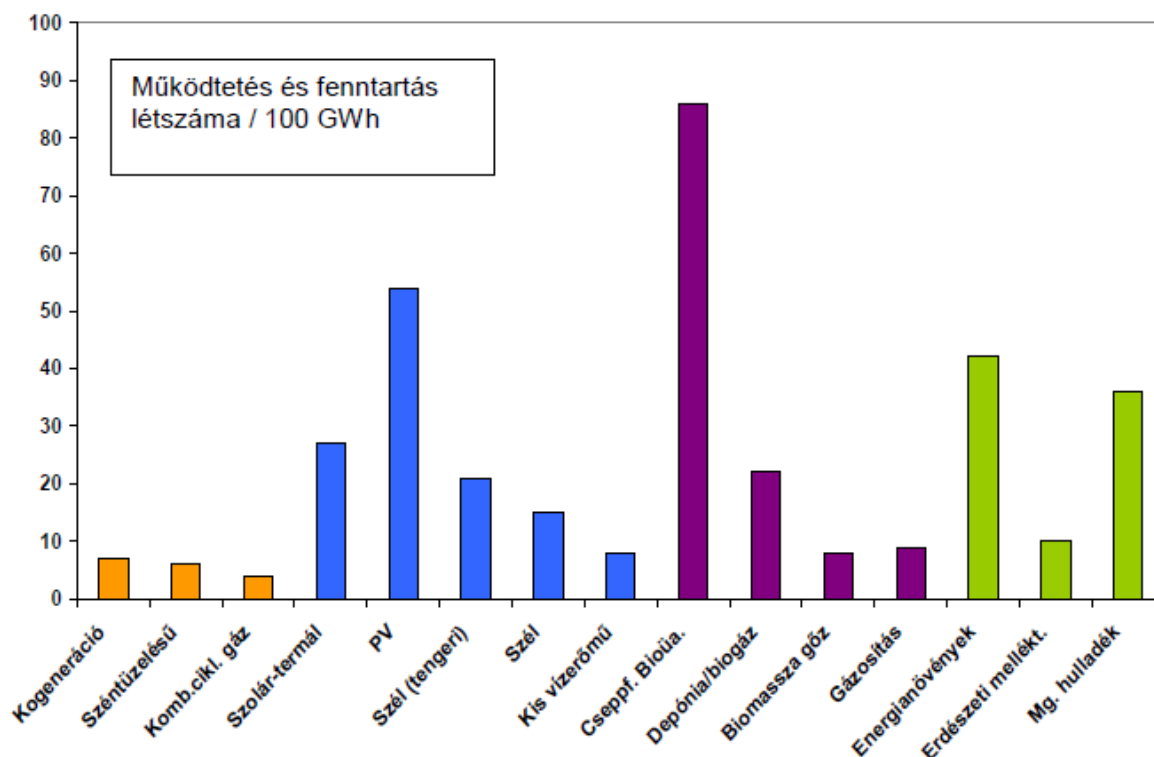
3.1. táblázat Bioetanol energiahányadosa alapanyagok szerint, több forrás alapján

Alapanyag	Energiaegyenleg	
	Minimum	Maximum
kukorica	1,3	1,8
búza	1,2	4,3
cukornád	2,0	8,3
cukorrépa	1,2	2,2
cellulóz	2,6	35,7

Forrás: IEF adatok alapján POPP-POTORI, 2011

A teljes életciklus energetikai hatásfoka a modern technológiáknál minden esetben felülmúlja a 100 %-ot, ám természetesen jóval alacsonyabb a hőenergetikai eljárások hatásfokánál. A melléktermékek hasznosításával, illetve bio-energiaforrások termelésben való felhasználásával ez jelentősen fokozható. Az energiatakarékossági törekvések azonban gazdasági értelemben félrevezetőek lehetnek, hiszen az ökonómiai hatékonyságnak sokszor ellentmond az energetikai hatékonyság. Az energia mindenfajta átalakítása többlet-költségekkel, energiaráfordítással és veszteségekkel jár. A különféle energiatípusok energiasűrűsége, felhasználhatósága, piacképessége ezért jelentősen eltér egymástól, ami értékükben is megmutatkozik. A 2014. február 1-i lakossági bruttó árak vonatkozásában, azonos mértékegységre vetítve a hőenergia (földgázból) 3235 Ft/GJ, a hajtóanyag (benzin) 11389 Ft/GJ, a villamos áram pedig ugyancsak 11.389 Ft/GJ értéket képvisel, így egyáltalán nem tekinthető negatív tényezőnek, ha a hajtóanyagok (vagyis egy értékesebb energiatípus) előállításához több energiát használunk fel, mint az olcsóbb hőenergiához. Ameddig pedig a bio-hajtóanyagok drágábbak lesznek a fosszilis versenytársaknál, addig legfeljebb kikényszeríthető az előbbieket felhasználása a termelésben az energetikai hatékonyság javítása érdekében.

A legtöbb munkahely teremtése a megújulókon belül a bioüzemanyagokhoz kapcsolódik, elsősorban a közvetett munkahelyeken keresztül (alapanyag-termelés, a berendezések, gépek és alkatrészek gyártása, a különböző biomassza-üzemekben keletkező mellék- és hulladéktermékek hasznosítása, 3.2. ábra).



3.2. ábra Energetikai projektek munkaerő-igénye

Forrás: OECD/IEA 2007, Good Practice Guidelines

3.2. A biohajtóanyagok külföldi és hazai szabályozása

A bioüzemanyagok támogatásának 3 mozgatórugója van: az energiaellátás biztonságának növelése, az ÜHG-kibocsátás csökkentése, valamint a mezőgazdasági piacok befolyásolása, elsősorban a feleslegek értékesítésének elősegítésével. A növénytermesztő gazdák jövedelmének növelésére a jelenlegi rendszer egyértelműen alkalmas, ugyanakkor ennek forrását az állattenyésztők, az EU adófizetői, valamint a szegényebb országok fizethetik meg. Utóbbiak elvileg ezt újabb területek mezőgazdasági termelésbe vonásával, esetleg intenzívebb technológiák alkalmazásával kerülhetnék el.

A bioüzemanyagok ma még támogatás nélkül – a cukornád-alapú etanol kivételével – versenyképtelenek a kőolajalapú versenytermékekkel, ezért elterjedésük, alkalmazásuk a támogatási rendszertől függ. A jelenlegi szabályozórendszer legfontosabb elemeit a következőkben mutatjuk be.

EU-szabályozás

A 2011-es Fehér Könyv célkitűzései szerint 2030-ra 50%-kal kell csökkenteni a városi közlekedésben részt vevő hagyományos gépjárművek számát, 2050-re pedig teljesen ki

kell szorítani őket a városi közlekedésből, hogy 60%-kal csökkenjen a közlekedési ágazat ÜHG kibocsátása (Fehér Könyv, 2011).

Az Európa 2020 Program energetikai fejezete rögzíti a tagállamok azon vállalását, hogy 2020-ra az Unió primer energiatermelésének 20%-a megújuló forrásokból származzon, 20%-kal csökkentsék az ÜHG kibocsátást, illetve 20% hatékonyságjavulást érjenek el az energiafelhasználásban.

A Megújuló Energia Technológiai Útiterv (Renewable Energy Technology Roadmap) a Tanácsi rendelet megvalósulását kívánja elősegíteni; ennek érdekében energiatípusokra lebontva tartalmazza a célkitűzéseket, valamint ismerteti az egyes megújuló energiaforrásokat és fejlesztési lehetőségeiket. Biohajtóanyagokból 2020-ra 34 Mtoe felhasználást határoz meg célértékként (Erec, 2008). 2011-ben 13,9 Mtoe volt az EU bioüzemanyag felhasználása (Euroobserver, 2012b).

A bioüzemanyagok piacát alapvetően meghatározza a 2003/30/EK irányelv, amely előírja, hogy 2010-ig a teljes üzemanyag-felhasználás energiatartalmának 5,75%-át, 2020-ig 10%-át megújuló üzemanyagokból kell biztosítani (EK, 2003). Jelenleg folyamatban van ennek megváltoztatása. Két alapvető elképzelés létezik a 10 %-os részarány alkalmazásával kapcsolatban. Az alapeset szerint a 10 %-os részarányon belül csak 5-7 % lehetne az első generációs bioüzemanyagok részaránya, míg a másik elképzelés szerint nem kell előírni semmiféle arányt a hajtóanyagokra és nem célszerű alkalmazni eltérő gazdasági ösztönzőket sem, lényegében a piacra és a technológiai fejlődésre kell bízni az egyes megújuló üzemanyagok arányát.

A 2003/96/EK rendelet lehetővé teszi a bioüzemanyagok kedvezményes adóztatását, illetve adómentességét. Míg korábban a tagállamok jellemzően az adókedvezményeket alkalmazták a biohajtóanyag ágazat támogatására, az ágazat felfutásával, illetve a gazdasági világválság okozta pénzügyi gondokkal a hangsúly egyre inkább a fiskális támogatások leépítésére és a kötelező bekeverés biztosítására tolódott át büntetési illeték kiszabásával (így az adófizetők helyett a fogyasztókra hárították a többletköltséget).

A 2020-as elvárások teljesítésében és abban, hogy azok mennyi szántóföldet foglalnak el az EU-ban, kulcsszerepet játszhat az importvámok szabályozása, mely lehetővé teszi a világpiacinál magasabb EU-n belüli árak alkalmazását, az enélkül versenyképtelen hazai előállítású termékek előállítását és felhasználását, tehát az importőrökkel szemben a hazai termelők támogatását.

A 2009/443/EK rendelet 2012-ig a személygépjárművek átlagos CO₂-kibocsátását 130 g/km-ben maximálta. Az Európai Parlament elfogadta, hogy az új gépkocsik átlagos széndioxid-kibocsátása 2020-ig csökkenjen 95 g/km-re, 2025-ig pedig lehetőség szerint 70

g/km-re, amely értékeket a Bizottság legkésőbb 2016-ban megerősíti vagy felülvizsgálja. Ezek be nem tartása esetén többletkibocsátási díj (20-95 EUR/g többletemisszió) fizetendő. Az autógyártók kétféle módon próbálnak eleget tenni a követeléseknek: az ún. downsizing-gal (motorok űrtartalmának csökkentése változatlan teljesítmény mellett), illetve az alternatív üzemanyagok alkalmazásával. Az elmúlt évek slágere volt az elektromos autó, az értékesítési statisztikák azonban új utak keresésére ösztönzik a gyártókat (www.totalcar.hu, 2013).

A 2009/28/EK irányelv (ún. RED4) megfogalmazza az előállított bioüzemanyagok fenntartható előállításával kapcsolatos követelményeket és ezek ellenőrzését. Rögzíti az egyes alapanyagokból előállított bioüzemanyagok fajlagos ÜHG kibocsátását (EK, 2009a). A közelmúltban komoly vitákat okozott a RED módosítására irányuló javaslat, amely gyakorlatilag a jelenlegi szinten (5%-ban energia-egyenértékben) maximalizálná az első generációs biohajtóanyagok felhasználását és a 2020-as kvóták teljesítéséhez ezen felül csak az újabb generációs hajtóanyagokat engedne alkalmazni (Reng, 2012).

Az üzemanyagok minőségéről szóló 2009/30 EK irányelv (ún. FQD5) alapján a konvencionális üzemanyagok teljes életciklusára számított ÜHG-kibocsátás értékét 6%-kal kell csökkenteni 2020-ig (a 2012. évi felülvizsgálatot követően ezt az értéket akár 10%-ra lehet emelni). Az E10 üzemanyag bevezetésével (eddig 4 tagországban vezették be (l. melléklet)) párhuzamosan az E5 is forgalomban maradhat legalább 2013-ig, abból a célból, hogy a régebbi járművek ne sérüljenek (EK, 2009b).

Az EU biodízelszabványa (EN 14214:2008) a Közösségen belül forgalmazható biodízel minőségi paramétereit határozza meg. A jódszámra vonatkozó kitétel (max. 120) korlátozza a napraforgóból előállított biodízel alkalmazását és egyértelműen a repceolajra alapozott gyártásnak kedvez. A szabványt értelemszerűen hazánk is adaptálta.

Az EN 590:2009 szabvány a gázolaj minőségi jellemzőit fekteti le, és engedélyezi max. 7% biodízel komponens bekeverését (eddig 12 tagállamban vezették be. A szabványt hazánk is adaptálta.

Hazai szabályozás

Magyarországon a bioüzemanyagok használatára 2005 óta van szabályozás. Az első, 2009-ig tartó időszakban a bioüzemanyagok adókedvezményben részesültek, a bekevert (max. 5 %) bioetanol és biodízel után, valamint a (max. 15 %-ban bekevert) ETBE

⁴ RED: Renewable Energy Directive, megújuló energia irányelv

⁵ FQD: Fuel Quality Directive, üzemanyag-minőségi irányelv

bioetanol része (47 %) után visszaigényelhető volt a jövedéki adó. Az intézkedések célja az ipari méretű bioüzemanyag-termelő kapacitások létrehozása és a hagyományos üzemanyagokkal kevert bioüzemanyagok piaci bevezetése volt.

2007. július 1-jétől megváltoztak a jövedékiadó-kedvezmények a bioetanolra, illetve 2008. január 1-jétől a biodízelre vonatkozóan. Amennyiben a forgalmazott keverék biokomponens-tartalma (biodízel, közvetlen bekeverésű bioetanol vagy ETBE) elérte a 4,4 térfogatszázalékot, a fizetendő jövedéki adó alacsonyabb volt, ellenkező esetben többletadót kellett fizetni. Az adódifferenciálás a környezetet jobban kímélő üzemanyagok javára nem jelentett adócsökkentést: a biológiai eredetű üzemanyagok adómentessége megszűnt, így csaknem valamennyi üzemanyagfajta (beleértve a bioösszetevőt tartalmazó üzemanyagot is) jövedéki adója emelkedett (Popp, 2010). A szabályozást tehát úgy alakították ki, hogy ez az ország költségvetése számára ne jelentsen többletterhet. Az adómentesség csak egyetlen termék, az E85 üzemanyag bioetanol-komponensére maradt – 2012-ig, átmenetileg – fenn.

A jelenlegi magyar szabályozási rendszer gyakorlatilag csak részletkérdésekben tér el az EU szabályozásától, kereteit tekintve az Unió által megszabott határokon belül mozog. A biohajtóanyagok alkalmazását befolyásoló hatályos jogszabályok a következők:

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve az EU Bizottság 2009/548/EK határozatának megfelelően került összeállításra. A Cselekvési Tervben a megújuló energiák között a bioüzemanyagok aránya a legszerényebb (11%), mely a koncepciók szerint 2030-ra 19 %-ra nő úgy, hogy a közlekedési felhasználásban betöltött jelenlegi 3,7%-os arány 2020-ra elérje az EU által elvárt 10%-ot. 2020-ra a közlekedésben alkalmazott megújuló energiahordozók összetételét az alábbi arányokban határozza meg: bioetanol 56,8% (304 ktoe), biodízel 37,8% (202 ktoe), megújuló villamos energia 4,5% (22 ktoe), egyéb bioüzemanyag, elsősorban a tömegközlekedésben és a hulladékszállításban felhasznált biogáz 0,9% (5 ktoe).

Az Európa 2020 stratégiához tartozó Nemzeti Intézkedési Terv (NIT, 2010) az Új Széchenyi Tervvel összhangban készült, és bemutatja az Európai Unió szinten meghatározott 2020-ig elérendő célkitűzések eléréséhez tartozó hazai vállalatokat. A dokumentum öt számszerűsített és mérhető célkitűzést határoz meg, melyek egyike a fenntartható energia-gazdálkodás. Ennek két alpontja foglalkozik a bioüzemanyagokkal, a gépjárműgyártás, a technológiafejlesztés, valamint a mezőgazdasági termékek feldolgozásának támogatási rendszere kapcsán (Bai – Jobbágy, 2011).

A bioüzemanyagok kötelező bekeverését a 2010. évi CVII. törvény szabályozza. A törvény előírásai értelmében a törvény végrehajtásáról szóló rendeletben meghatározott arányú bioüzemanyag komponens kötelező bekeverni a töltőállomásokon forgalmazott üzemanyagba, ellenkező esetben a forgalmazó 35 Ft/MJ büntetést köteles fizetni a be nem kevert biokomponens energiatartalma után. 2011-től kezdődően csak fenntartható

módon előállított bioüzemanyag számolható el a nemzeti kötelezettség teljesítése során, valamint adókedvezményt, egyéb pénzügyi támogatást kizárólag ezek után lehet igénybe venni. A fenntarthatósági feltételek a vonatkozó EU irányelvekben meghatározottak alapján kerültek kialakításra, melyek teljesítését a Nébih ellenőrzi.

A bioüzemanyag célú növénytermesztés területi fenntarthatóságát a 42/2010. (XII. 20.) VM rendelet szabályozza, mely kimondja, hogy csak olyan szántóterületen lehet ilyen tevékenységet végezni, amennyiben az nem minősül érzékeny területnek.

A fenntartható bioüzemanyag-előállítás követelményeit, illetve azok ellenőrzését és igazolását a 343/2010. (XII. 28.) Korm.rendelet rögzíti, melyet a 167/2011 (VIII. 24.) Korm.rendelet módosított. A rendeletben megfogalmazott követelmények gyakorlatilag a 2009/28/EK direktíva jogharmonizáció keretében átvett kritériumai. A rendelet energiatartalomra vetítve 3,1% bioetanol és 4,4% biodízel részarány kötelező bekeverését írja elő 2013. december 31-ig.

A jövedéki adótörvény (2003. évi CXXVII. tv.) az elmúlt két évben több változáson is átesett. Egyrészt eltörölték az E-85 üzemanyag bioetanol komponensének adómentességét, illetve két lépcsőben 70 HUF/l-re emelték jövedéki adóját, másrészt 2013. január 1-től lehetővé tették a gazdálkodók számára, hogy a gázolaj jövedéki adómértéke 18%-ának (azaz jelenleg 19,863 HUF/l) megfizetése után hektáronként maximum 97 l saját előállítású növényi olajat használjanak gépeikben. A biodízelnél a gázolaj jövedéki adómértéke – 110,35 HUF/l – vonatkozik. Meg kell azonban jegyezni, hogy a bioetanol jövedéki adómértékét arra hivatkozva emelték meg, hogy az EU rendelkezései értelmében fűtőértékre vetítve arányban kell lennie hagyományos kőolaj alapú megfelelőjének – a benzinnel – jövedéki adójával. Ezt az elvet követve viszont a biodízel jövedéki adómértékét csökkenteni kellene mintegy 10%-kal a gázolajhoz képest, azaz a korrekt jövedéki adómérték 99,32 HUF/l lenne (Jobbágy, 2013).

A magyar szabályozás az EU Megújuló Energia Irányelvében (RED-ben) meghatározottaknak megfelelően állapít meg fenntarthatósági kritériumokat a bioüzemanyagokra. A magyar szabályok szerint kizárólag a fenntarthatósági kritériumoknak megfelelően termesztett/felhasznált alapanyagból előállított bioüzemanyag számítható be a jogszabály által az üzemeltetőnek előírt, kötelezően forgalomba hozandó mennyiségbe és a nemzeti célértékbe. A feltételek az alapanyag termesztési helyére, technológiájára, valamint az ÜHG-kibocsátás minimális mértékére vonatkoznak.

Jelenleg a versenytárs fosszilis hajtóanyagok közül a gázolaj jövedéki adója a legmagasabbak között van az EU-ban (mintegy 150 %-a a minimumértéknek), míg a benziné a középmezőnybe sorolható. Az üzemanyagok ÁFÁ-ja a legmagasabb (27 %).

3.3. A bioüzemanyagok csoportjai, bioetanol és biodízel előállítása

A következőkben az első és újabb generációs biohajtóanyagok motorikus jellemzőit és jelenlegi helyzetét ismertetjük globális szinten, az EU-n belül, valamint hazánkban, valamint röviden bemutatunk néhány – konkurensként számításba vehető alternatív hajtóanyagot is.

3.3.1. Első generációs bio-üzemanyagok

Motorikus jellemzők

A biodízel a gázolaj helyettesítésére szolgáló, növényi olaj észterezésével előállított hajtóanyag. Kutatások és üzemi próbák is bizonyítják, hogy 50 %-os bekeverésig a hagyományos motorok minimális átalakítással, 20 %-os bekeverésig átalakítás nélkül használhatók. A bekeverési arány növelésével azonban egyre fokozottabb mértékben jelentkezhet a hidegindítás problémája, melyet a jelenlegi hazai gyakorlatban – a szabvány-előírásoknak megfelelően - téli adalékanyag hozzákeverésével küszöbölnék ki. A biodízel nagyobb arányú és tartós használatakor ugyanakkor célszerű elvégezni néhány apróbb átalakítást. Az üzemanyag-szűrőt ki kell cserélni az első két tankolás után. Ez azért javasolható, mert a biodízel oldja a korábban használt gázolaj lerakódásait, ami a szűrő eldugulásához vezethet. Oldószer jelegű tulajdonsága miatt a biodízel hosszabb idő után károsíthatja a lakkozott felületeket. A növényolajok a biodízeltől nagyobb viszkozitással és fűtőértékkel bírnak, a repceolaj cetánszáma megközelíti a gázolajét és jóval meghaladja a napraforgó-olajét (Farkas, 2009).

Az EU-ban a szabványminőség elérése az értékesíthetőség alapfeltétele. Jelenleg a biodízeltre - hazánkban és az EU-ban egyaránt - a DIN EN 14214 előírásai érvényesek. Az étkezési olajnál a telítetlen zsírsavak nagy aránya és a nagy E-vitamin-tartalom, illetve a hajtóanyag-célú növényolajnál a követelmények között. (DIN EN 51606) a kis viszkozitás és az indítási, oxidációs jellemzők bírnak jelentőséggel.

A biodízellel működő motorok kipufogógázának vizsgálatánál kimutatták, hogy a károsanyag kibocsátás összességében jóval kisebb a hagyományos dízellel üzemelő motoroknál. A kipufogógáz erős csípős szaga jelentősen csökken, a bio-üzemanyag miatt a kipufogógáznak jellegzetes olaj illata van. Az RME magas oxigéntartalmának köszönhetően a korom mennyisége is csökken, míg nitrogén-oxidok kibocsátási értéke kismértékben növekszik, ami katalizátorokkal tovább csökkenthető. Emiatt a biodízel belvárosi és vonzáskörzetekben történő alkalmazása különösen javasolható.

A bioetanol alapvetően két célra használható fel. Közvetlenül hajtóanyagként is alkalmazható, itt elsősorban a benzint helyettesíti. A bioetanolból éter és izobutilén

hozzáadásával előállítható etil-tercier-butiléter (ETBE) is, amely oktánszámnövelő anyagként használatos és elsősorban a metil-tercier-butiléter (MTBE) a versenytársa.

A bioetanol, mint hajtóanyag 15-22 %-os mértékű bekeverése a benzinbe az összes eddig elvégzett vizsgálat szerint a hagyományos motorban sem okoz károsodást, az USA-ban gyártott autókra 10 %-os mértékig vállalnak a gyártók garanciát. Maximum 25 %-os keveréknél nem jelentkezik korróziós jellegű elváltozás sem, a tökéletes égésnek köszönhetően lerakódások nélkül ég el. Mindezek a tényezők előnyként jelentkeznek a biodízzel szemben.

A biodízelhez hasonlóan, a bioetanol is károsítja a műanyag alkatrészeket, az etanol-benzin keverékek víztűrő képessége igen rossz – a víz bekerülése a rendszerbe a keverék szétválását eredményezheti. Igen rosszak a kenési tulajdonságai, ami az alkatrészek fokozott kopását okozhatja, illetve gyakoribb olajcserét tesz szükségessé.

A biodízel fűtőértéke mintegy 10-15 %-kal, a bioetanolé 35-40 %-kal kisebb, mint a helyettesített fosszilis hajtóanyagoké. A bioetanol hidrogéntartalma azonban jóval magasabb a többi hajtóanyagtól, ami - a hatékonyabb égés miatt – a fűtőértékétől jóval kedvezőbb fogyasztást és sokkal kedvezőbb károsanyag-kibocsátást eredményez. Különösen igaz ez a maximum 22 %-os bioetanol-tartalommal bíró keverékekre.

Az ETBE motorikus tulajdonságai megegyeznek az MTBE-vel. Előnyként jelentkeznek viszont a környezetvédelmi jellemzők, hiszen az MTBE-t földgázból állítják elő, míg az ETBE 47 % bioetanolt tartalmaz.

Elterjedés

2014-ben az előrejelzések szerint a bioetanol-termelés 92 Mrd. l, az előállított biodízel mennyisége pedig 2-300 ezer t körül alakul (F.O. Licht, 2014), amely a világgazdasági válság óta átlagosan közel 50 %-os növekedést jelent. 2020-ra az OECD-IEA (2011) 2,1-2,7 e%-ra, 2035-re 3,4-7,8 e%-ra becsüli a bio-üzemanyagok részarányát. Mindez aláhúzza, hogy az elsőgenerációs bio-hajtóanyagoknak a jövőben is csak kiegészítő szerepe lehet.

A Magyarországon a 2010-11-es években az E-85 üzemanyagot forgalmazó töltőállomások száma 355-re emelkedett, az üzemanyag forgalma pedig elérte a 30 millió litert. A jövedéki adótörvény módosításával két lépcsőben 70 HUF/l-re emelték az etanol-komponens jövedéki adóját, így az E-85 komparatív előnye megszűnt, forgalma drasztikus csökkenésnek indult, a vertikum pedig exportra rendezkedett be. Mivel a szabadegyházi (135 ktOE kapacitású) üzem lényegében lefedi a jelenlegi hazai szükségletet, a 2013-ban átadott dunaföldvári és az épülőfélben lévő mohácsi üzemek (összesen mintegy 400 ktOE

kapacitással) várhatóan exportra termelnek majd. Ennek EU-s piaci kereslete jelenleg biztosított, hiszen az EU évről évre jelentős, a hazai várható exportot többszörösen felülmúló mennyiségű (2013-ban 880 ezer t) bioetanolt, valamint DDGS-t is importál.

A hazai biodízel-előállítás (188 ezer t/év kapacitás) EU-s mércével ugyan kicsinek számít, ami sérülékennyé tehetné az ágazatot, azonban a Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében meghatározott felhasználási sarokszámok és a MOL-lal kötött szerződések biztosítják a teljes kihasználtságot. A biodízel-termékpálya az aktuális termelési színvonalon, kizárólag hazai felhasználásra termelve mintegy 15,2 Mrd. HUF hozzáadott értéket termel nemzetgazdasági szinten, foglalkoztatási hatása pedig pozitív, de korántsem akkora mértékben, mint a nyugat-európai országokban, a hazai gépipar hiánya miatt.

2012-ben a magyar bio-üzemanyag felhasználás nagymértékben csökkent: a bioetanol felhasználás 50%-kal, a biodízelfogyasztás közel 73%-kal esett vissza, ami várhatóan azonban csak átmeneti tendencia.

3.3.2. Újabb generációs bio-üzemanyagok

Az első generációs üzemanyagok közé hagyományosan a cukor- és keményítő-tartalmú anyagokra alapozott bioetanolt, valamint a szántóföldi növényekből és állati eredetű melléktermékekből készített biodízelt és a biogázt sorolják (Bai, 2009). Az újabb generációs hajtóanyagok közös jellemzője, hogy (1) vagy olyan alapanyagok (pl. lignocellulózok, alga) felhasználásával készülnek, melyek élelmiszeripari célra nem (vagy nem jellemzően) használhatók fel, ilyen módon az előállítható hajtóanyagok potenciális mennyisége nagymértékben megnövekszik, (2) vagy hagyományos alapanyagokból (növényi olaj, szénhidrát) állítják ugyan elő őket, de jóval fejlettebb technológiával és jobb minőségben, ami felhasználhatóságukat javítja (pl. biobutanol, TBK-biodízel).

Jóval kisebb a károsanyag-kibocsátásuk az első generációs üzemanyagoknál, a mezőgazdaságon kívül pedig az erdészetekben is munkahelyeket teremtenek, valamint képesek felhasználni mezőgazdasági melléktermékeket (szalma, hígtrágya) is, amelyek nem igényelnek külön termőterületet, illetve bármilyen minőségű területen termesztethők (alga). Kétségtelen, hogy az élelmezési-, energetikai- és környezetvédelmi szempontok lehetnek azok, amelyek hozzájárulhatnak a második generációs lignocellulóz alapú, a harmadik generációs alga-alapú és a nem biomassza jellegű alternatív hajtóanyagok (pl. elektromos autók, CNG) előtérbe kerüléséhez.

Önköltségük, valamint fajlagos beruházási költségük azonban jóval magasabb az első generációs üzemanyagoktól – különösen a cukornád-alapú bioetanoltól. Ezek a beruházások a kialakulatlan technológia és a bizonytalanabb piac miatt is kockázatosabbak az első generációs üzemeknél. A szabályozórendszerek átalakulása és

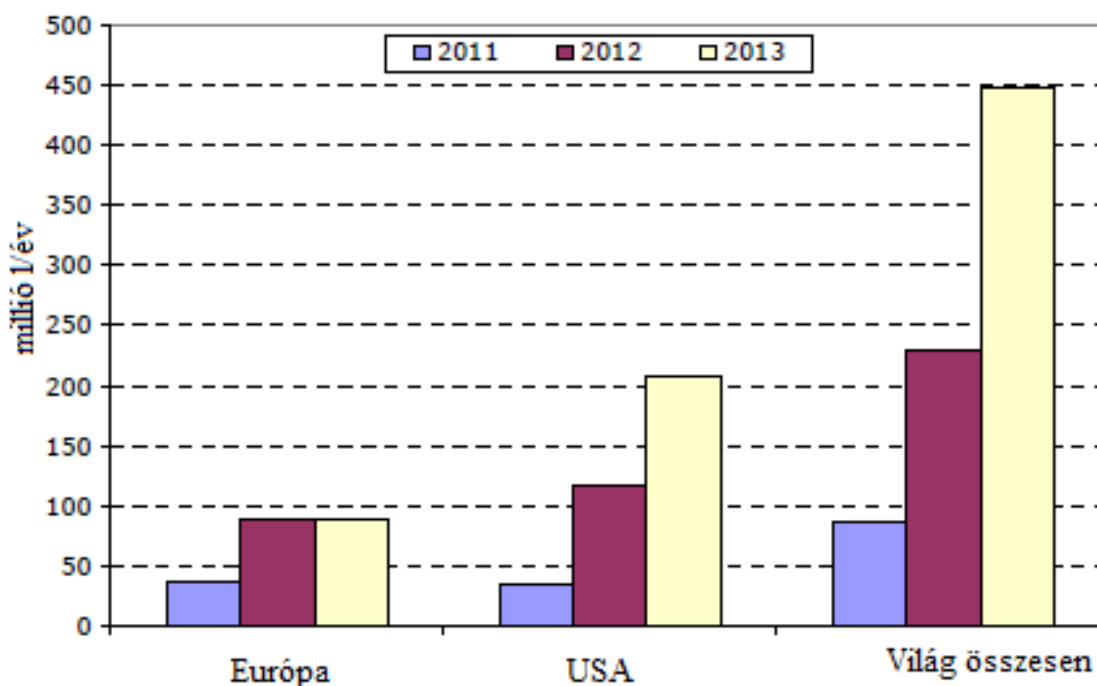
a technológiai előrehaladás azonban az utóbbi pár évben is komoly eredményekkel járt ezen hajtóanyagok gazdasági megítélésében és jelentőségében.

Megjegyzendő azonban, hogy nemcsak az élelmiszerszernövények iránti igény, hanem a cellulóz ipari kereslete (textilipar, lebomló csomagolóanyagok) is várhatóan jelentősen emelkedni fog. Emiatt ez az alapanyag is fel fog értékelődni, a véges mennyiség miatt pedig ebben a szférában is komolyabb versenyhelyzet prognosztizálható (Bai, 2011).

Cellulóz-alapú etanol

2012 végén globálisan 230 millió liter második generációs cellulóz alapú biohajtóanyag előállítására alkalmas kapacitás állt rendelkezésre, amelyből 120 millió liter az USA-ban, 89 millió liter pedig az EU-ban volt. Figyelembe véve a jelenleg épülő üzemeket, globális szinten a cellulóz alapú biohajtóanyag kapacitás a becslések szerint 2015-ben 1,3 milliárd liter lesz, melynek legnagyobb része továbbra is az Egyesült Államokban fog működni (AKI, 2013). 2012-ben az újabb generációs bioüzemanyagok előállítása elérte a 450 MI-t, melynek felét az USA-ban, mintegy ötödét pedig az EU-ban állították elő (F.O. Licht, 2013).

A költségekben az USDA (2007) szerint 2006-ban átlagosan 1,7-szeres különbség volt tapasztalható, ami a Bloomberg (2013) szerint 2012-ben 40 %-ra csökkent, 11 cellulóz-alapú üzem átlagértékei alapján. A költségszerkezet azonban lényeges eltérést mutat: jóval alacsonyabb az alapanyag-költségek, magasabb az enzimek és az amortizációs költség részaránya. Amennyiben a kukoricaárak tartósan emelkednek, valamint az enzimköltségek továbbra is jelentősen csökkennek (2008-2012 között ennek mértéke 72 % volt, Bloomberg, 2013), ez akár rövid távon is egy szintre hozhatja a cellulóz alapú bioüzemanyagok önköltségét a kukorica-alapúval. 20 üzem építése az EU-ban jelenleg is folyamatban van. A globális cellulóz alapú bio-üzemanyag gyártókapacitások fejlődését a 3.3. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy a Világ összes gyártókapacitása alig éri el az évi 450 millió litert, amely az elsőgenerációs bio-üzemanyag kibocsátás alig 0,4%-a.



3.3. ábra A cellulóz alapú bio-üzemanyag gyártókapacitások alakulása 2011-2013 között

Forrás: F.O. Licht, 2013

Megjegyzendő azonban, hogy nemcsak az élelmiszer növények iránti igény, hanem a cellulóz ipari kereslete (textilipar, lebomló csomagolóanyagok), valamint eltüzelése is várhatóan jelentősen emelkedni fog. Emiatt ez az alapanyag is fel fog értékelődni, a véges mennyiség miatt pedig ebben a szférában is komolyabb versenyhelyzet prognosztizálható. A faapríték globális kereskedelme 2010-2020 között évente várhatóan 11 %-kal (16 Mt-ról 46 Mt-ra) nő (AKI, 2012). Az EU 2010-ben is jelentős importőr volt a faalapú termékek piacán (1,7 Mt), mely a cellulóz-alapú etanolgyártásnak köszönhetően várhatóan megkétszöröződik 2020-ra (Eurostat, 2012). A lignintartalmú alapanyagok szállítási költsége magas, ezért az ezt felhasználó üzemeket célszerű tengeri, vagy folyami kikötők mellé telepíteni.

Egyéb újabb generációs bio-üzemanyagok

A jelenleg is gyakorlati jelentőséggel bíró cellulóz-alapú bioetanol mellett a legperspektivikusabbnak tűnő újabb generációs bio-hajtóanyagok legfontosabb jellemzői (Bai, 2011):

Biobutanol: az etanoltól hosszabb szénatomlánc magasabb fűtőértéket (a benzin 90 %-át), bár kisebb oktánszámot eredményez. A nagyfokú hasonlóság és a vízmentesség a benzinnel könnyebb keverhetőséget, valamint a csővezetékes szállítást is lehetővé teszi.

Dimetil-éter: rendszerint szintézisgázból közvetlenül, vagy az ebből előállított bio-metanolból vízelvonással termelhető gáz, mely 5-8 bar nyomáson cseppfolyósítható és ilyen módon LPG-vel is keverhető. Nemcsak adalék- és üzemanyagként, hanem gázturbinák, üzemanyagcellák működtetésére is alkalmazható. Életciklusa során a legtöbb bio-üzemanyagtól kevesebb károsanyagot bocsát ki. Beruházási költségét biomassa-kapacitástól függően 100-230 eFt/t-ra (Fairley, 2008), önköltségét pedig fa-alapanyag esetén 3800-4000 Ft/t-ra (www.renew-fuel.com) becsülik.

Biogázolaj (Hancsók et al, 2006): nagy nyomáson (cca. 60 bar) és magas hőmérsékleten (360-380 C) növényi olajokból előállított magas (50 % fölötti) normálpáraffin-tartalommal rendelkező hajtóanyag, melynek főbb tulajdonságai (fűtőérték: 44 MJ/kg, viszkozitás: 2,9-3,5, cetánszám: 70-90) felülmúlják nemcsak a biodízel, hanem a gázolaj jellemzőit is (Hancsók et al, 2006).

TBK-biodízel (Thész J.-Boros B.-Király Z.): növényi olajok rövid szénláncú zsírsavak alkilésztereivel történő részleges átészterezéssel kapott hajtóanyag. 30 %-kal magasabb O₂-tartalma miatt hatékonyabb és tisztább az égése, magasabb a fűtőértéke (38-39 MJ/kg) a hagyományos biodízelnél, jó a viszkozitása (5-6), a végtermék alacsonyabb jód-száma (100-110) miatt a napraforgóból is előállítható ezen eljárással szabvány-minőségű biodízel. A folyamat során a hagyományos eljáráshoz képest mintegy 10 %-kal több biodízel képződik, ugyanakkor a glicerín-képződés elmarad. Működő biodízel-üzemek is könnyen átállíthatóak az új technológiára (Thész et al, 2008).

Bio-metanol (Raisz I.-Bartha I.): szerves hulladékból válogatás után pirolízissel előállított, téli üzemelésre is kiválóan alkalmas, az etanoltól alacsonyabb hőmérsékleten elégő, jóval kevesebb károsanyagot (különösen NO_x-et) kibocsátó üzemanyag. Előállítható a biodízelgyártás melléktermékéből (a glicerínből) is. Energiatartalma közel megegyezik a benzinnel. A hagyományos szeméttégetéssel szemben a folyamatban nem keletkeznek dioxinok és kátrány. Az eljárás Raisz Iván és Barta István találmánya, 2011-ben elnyerte a „Zöld Oscar”-díjat. Jelenleg az AVE Miskolc Kft. telephelyén folyik egy kísérleti, 2.000 t/év kapacitású üzem kiépítése, amely mintegy 6-7.000 tonna tisztított, válogatott hulladékból fog metanolt előállítani. (Raisz, 2007). A metanol 5%-ig adható a benzinhoz; hozzákeverése hasonló előnyökkel és hátrányokkal jár, mint az etanolé, de nem hagyható figyelmen kívül, hogy a metanol mérgező és korrozívabb, mint az etanol és hogy energiatartalma is kisebb, mint az etanolé (1 liter metanol = 0,46 liter benzin). A biometanol-termelés sem olcsó, de nyersanyagának (hulladék) megtermelése nem vesz el területet a haszonnövényektől.

Fagáz: "Öt éven belül minden teherautó fagázüzemű lesz" - jósolta 1925-ben Louis Renault autógyáros, és majdnem igaza is lett. A második világháború ínséges, üzemanyaghiányos éveiben egymillió fagázos teherautó róttá Európa országútjait. Akkor a kőolajhiány, ma a napról napra emelkedő üzemanyagár ösztönzi a fejlesztőket. A csomagtartó mögött pöfög a "generátor", egy pirolízis-kazán, amelyben a fahasábok légszegény módon faszénné alakulnak át, miközben hidrogén és szén-monoxid keletkezik. Nemcsak fa, hanem bármilyen száraz biomassa (kukoricacsutka, dióhéj, szalma) alkalmas alapanyag. A gázkeveréket részecskeszűrés és hűtés után csövön vezetik a motorhoz, ahol elégetéssel adja le az energiát. Nem is keveset, hiszen míg a fafűtés

hatásfoka átlagosan 60 százalék alatti, egy fagázzal fűtött modern kazán (és motor) 85-95 százalékos hatásfokot ér el, az égés hőfoka pedig eléri az 1400 Celsius-fokot. A modern fagázos autók maximális sebessége 120-130 km/h és lehet velük tartani a 110 km/órás utazósebességet. Ez egyébként nagyjából egyenlő a hatótávolságukkal is, egy "tanknyi", 30 kg fával körülbelül egy órát lehet autózni (a fogyasztás kb. 25 kg/100 km). A fagázos meghajtás nagy előnye, hogy nem szükséges az üzemeltetéséhez drága import nyersanyag, sem akkumulátorok, sem kiépített töltőhálózat.

Alga-biodízel: A harmadik generációs biohajtóanyagok potenciális alapanyagai közül legreményteljesebb az alga. Az algának nincs szüksége termőföldre, pár óra alatt képes megduplázni saját tömegét, mindemellett a környezetre gyakorolt hatása is rendkívül pozitív. Vitathatatlan, hogy a mezőgazdasági termelésben a mikroalgák alkalmazásával érhetőek el a legnagyobb hozamok. Az algaolaj sok szempontból (sűrűség, viszkozitás, fűtőérték) közelebb áll a dízelolajhoz a többi növényi olajnál, ugyanakkor a többi növényolajnál több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. Ez hátrányosan befolyásolja a belőle készített biodízel stabilitását, viszont jóval könnyebb hidegindítást tesz lehetővé. Az algaolaj nagy telítetlen zsírsavtartalma, magas jódszáma, valamint magas nyomelem-tartalma táplálkozás-élettani szempontból kiválóak, azonban az algaolaj átészterezését megnehezíthetik. A biodízel előállítás folyamata megegyezik az első, illetve többedik generációs biodízelekével, az alapanyag előállítása azonban környezetvédelmi szempontból (szennyvíz-, hulladékhő- és széndioxid-hasznosítás) egyedülállóan hatékony rendszer, mely jól társítható egyéb energia-előállítási módokkal. Potenciális mennyisége alkalmas lenne elvileg az olaj teljes helyettesítésére is (Bai et al., 2010).

3.3.3. Alternatív üzemanyagok

Az alternatív hajtóanyagok a benzinen és gázolajon kívül felhasznált egyéb üzemanyagokat foglalják magukba, melyek közé tartoznak az előzőekben bemutatott biomassza-alapú-, egyéb megújuló (hidrogén, elektromos áram), valamint nem megújuló, járművek hajtására szolgáló energiaforrások is.

A fejlett országokban az elmúlt évek során jelentős növekedésnek indult az alternatív meghajtású gépjárművek alkalmazása, azonban pontos számokat nehéz lenne mondani, mert nyilvántartásuk nehézségekbe ütközik (pl. a flexifuel járművek kizárólagos benzinüzemre is alkalmasak, ugyanez igaz az LPG/CNG üzemű gépjárművek jelentős részére is). Ugyanakkor jelentőségüket mutatja, hogy az USA-ban 2005 – 2009 között mintegy 40%-kal nőtt az alternatív meghajtású gépjárművek száma. A gázüzemű (CNG, LNG, LPG) járművek 32%-ot, az elektromos járművek 7%-ot tettek ki az összes alternatív üzemanyagú járműből (Adler et al., 2011). Az EU-27 tagállamaiban 2003 – 2008 között 85%-kal emelkedett az Eurostat által nyilvántartott alternatív üzemanyaggal működő gépjárművek száma (Eurostat, 2011). A legfontosabb, eddig nem érintett alternatív üzemanyagokat röviden a következőkben mutatjuk be.

Autógázok

A sűrített földgáz (CNG) és a cseppfolyós petróleumgáz (LPG) a hagyományos motorhajtó anyagokhoz hasonlóan a szén és a hidrogén különböző vegyületeiből áll, alapanyagaik pedig a kőolaj párlási folyamataiból származó gázok és a kitermelésnél felhalmozódó gázok. A biometán viszont a szerves anyagok anaerob oxidációja során képződött biogáz földgáz-minőségűre tisztított változata, mely a földgázhoz hasonlóan sűríthető (bio-CNG). A gázalmazállapot miatt a gáz és a levegő összekeveredése egyszerűbb, mint a folyékony üzemanyag esetén. A gáznemű hajtóanyagok gyulladási hőmérséklete magasabb, mint a benziné, a benzin 230-280, cseppfolyósé 500, a sűrített gázé 600-640 Celsius fok. A benzinhoz képest a gáz égési sebessége kisebb. A gázok égetése során - mivel kisebb a széntartalmuk - kevesebb szén-dioxidot bocsátanak ki a vízgőzön kívül. Utóbbi miatt jóval nagyobb elővigyázatosság kell a rozsdásodás ellen a motorokban, mint a benzinmotoroknál, mivel ott a benzin, miközben kering, kenőanyagként is funkcionál. Az autógázok tökéletesebben égnek, a kipufogógáz kevesebb rákkeltő hatású policiklikus aromás vegyületet tartalmaz. Motortípustól függően a nitrogén-oxid 20-40, a szén-monoxid 60-90, a CH 40-60%-kal kevesebb, ezenkívül nincs a kipufogógázban szilárd részecske.

Az LPG a cseppfolyós gáz (Liquified Petroleum Gas) nemzetközi rövidítése. Főbb összetevői a propán és a bután (95%), ezen felül tartalmazhat még propilént, izobutánt, izobutilént és butilént (5%). Az LPG viszonylag rég óta használt alternatív hajtóanyag, jelenleg az országban 372 üzemanyag töltőállomáson (az összes töltőállomás közel 20%-án) forgalmazzák (www.holtankoljak.hu, 2012). Előnye a benzinnel szemben, hogy olcsóbb, valamint kevésbé környezetszennyező, hátránya, hogy használatához át kell építeni a gépjárművet, amely jelentős költséggel (200-300 e HUF) jár, nem elérhető a töltőállomások egy részén, valamint korlátozza az autótulajdonos szabadságát (mélygarázsba nem hajthat be).

A földgáz közlekedésben történő alkalmazásának két elterjedt módszere a CNG (sűrített metán), illetve LNG (cseppfolyós metán) használata. A CNG használata elterjedtebb, az LNG-t inkább teherautókban alkalmazzák. A töltőállomásokon kompresszorokkal mintegy 250 bar nyomásra sűrítik a földgázt. Ez kb. 50 bar-ral több, mint a feltöltött palackok nyomása a nyomásvesztés miatt.

A földgáz alkalmazásának előnye a hagyományos üzemanyagokkal szemben a kisebb károsanyag-kibocsátás (17 – 26%-kal kevesebb CO₂-emisszió, IEA, 2005 in Nijboer, 2010). Hátránya a bioüzemanyagokkal szemben, hogy nem csökkenti az energetikai függőséget (importfüggőség). Nyilvános fosszilis CNG-kútból jelenleg csupán 3 található hazánkban (Győr, Szeged Budapest, elterjedésének legnagyobb gátja a töltőállomás-hálózat kiépítetlensége).

A biogáz alkalmazások elterjesztése nemcsak energetikai, hanem környezetvédelmi (hulladék-gazdálkodási, valamint klímavédelmi) szempontból is indokolt. A biogáz nagy előnyét jelenti, hogy egy igen jelentős mértékben ingadozó árú terméket (a földgázt) helyettesít, hiszen önköltsége és ára is viszonylag szűk hatások között mozog és a jövőben sem fog nagymértékben emelkedni.

A földgáz jelenlegi ára mellett már 2 millió m³/év kapacitású biogáztelepeken megérné tisztítani a biogázt és bioCNG-ként értékesíteni, amennyiben az alapanyagok legalább fele ingyenesen áll rendelkezésre – pl. hígtrágya, szennyvíz formájában – (Jobbágy et al., 2010). A biometán előállítása tehát elsősorban az olyan nagyméretű – elsősorban hulladék-gazdálkodással foglalkozó - üzemekben javasolható, ahol nem képesek maradéktalanul gondoskodni a kogeneráció során keletkező hulladékhő hasznosításáról és jelentős számú (legalább 20-25) busszal működik a helyi tömegközlekedés. Jelenleg hazánkban csak Zalaegerszegen működik egy kisebb teljesítményű biometán-kút.

A CNG alapú közlekedésnek szigorúan gazdasági szempontból is van jövője úgy a forgalmazó, mint a potenciális kis- és nagyfogyasztók számára. Az elterjedés két legfőbb akadálya az infrastruktúra hiánya (töltőkutak) és a kiszámíthatatlan jogszabályi környezet (hosszútávú kedvezmények).

Metanol

A kommunális hulladékokból válogatás után pirolízissel metanol állítható elő. A hagyományos szemétegetéssel szemben a folyamatban nem keletkeznek dioxinok és kátrány. Az eljárás Raisz Iván és Barta István találmánya, 2011-ben elnyerte a „Zöld Oscar”-díjat. Jelenleg az AVE Miskolc Kft. telephelyén folyik egy kísérleti, 2.000 t/év kapacitású üzem kiépítése, amely mintegy 6-7.000 tonna tisztított, válogatott hulladékból fog metanolt előállítani. Hazai viszonyok között hulladékból elvileg 30 HUF/kg költséggel előállítható a hagyományos eljárások 100 HUF/kg-os költségével szemben (Raisz - Barta, 2007). A metanol tulajdonságait tekintve a bioetanolhoz hasonlóan használható fel üzemanyagként. Téli üzemelésre is kiválóan alkalmas, az etanoltól alacsonyabb hőmérsékleten elégő, jóval kevesebb károsanyagot (különösen NO_x-et) kibocsátó üzemanyag. Előállítható a biodízelgyártás melléktermékéből (a glicerinből) is. Energiatartalma közel megegyezik a benzinnel.

Elektromos járművek

A nem biomasszából előállított alternatív hajtóanyagok felhasználói közül közép- és hosszútávon elsősorban az elektromos és hibrid-hajtású gépjárművek komoly elterjedése várható. 2020-ra több, mint egymillióra, 2030-ra közel tízmillióra prognosztizálják ezen járművek számát Európában. Az EU Bizottság módosító javaslata szerint 2020-ra a felhasznált üzemanyagok 1 e%-át kell elektromos áramból biztosítani. Ugyanakkor csak azokban az országokban tekinthető valóban környezetbarátnak az elektromos autók üzemeltetése, ahol az atom- és megújuló erőművek döntő hányadát képezik a villamosenergia-ellátásnak.

Az elektromos járművek elterjedését gátló három legfőbb tényező az árak (átlagosan jelenleg Az elektromos járművek elterjedését döntően befolyásoló tényezők a beszerzési ár, a töltési idő, a töltőállomások kiépítettsége, valamint a hatótávolság. Ezen tényezők a technológia fejlődésével várhatóan 20–25 éven belül olyan mértékben csökkennek majd, hogy lehetővé teszik az elektromos gépjárművek nagyobb arányú elterjedését Offer, et al. (2010) szerint, tényadatok alapján azonban már az utóbbi 3 évben is komoly fejlődés tapasztalható a technikai előrehaladásban mindegyik tényező esetén:

2011

- Ezen járművek átlagosan 10–15.000 EUR-val drágábbak hagyományos társaiknál
- A legrövidebb gyorstöltés ideje 60-80 perc
- Az egy feltöltéssel megtehető távolság mintegy 100 km

2013

- A legolcsóbb modellek (Peugeot iOn) 8,5 millió HUF-tól megvásárolhatók
- Több olyan gyorstöltő (Chademo, SAE) létezik már, amely mindössze 15-20 perc alatt képes 80 %-os töltöttségi szintre feltölteni az elektromos autó akkumulátorát
- A TESLA S-modell egy feltöltéssel 300 km-t képes megtenni

Az elektromos járművek fő költségtényezője az akkumulátorok ára, ugyanakkor az akkumulátorok minősége alapvetően megszabja a feltöltést és a megtehető távolságot is. Jelenleg úgy tűnik, fordulóponthoz érkezett az e-mobilitás piaca: az akkumulátorok ára évente 20-30 százalékkal csökken, ami várhatóan igen komoly hatást gyakorol majd a gépjárműiparra.

Hibrid járművek

Hibrid autónak azok a gépjárművek minősülnek, amelyekben a hagyományos benzinmotor mellett villanymotor is részt vesz a jármű mozgatózásában. A hibridjárművek megítélése az EU-n belül igen változatos. Egyes tagállamokban az elektromos autóval együtt kezelik őket a támogatások tekintetében, másokban kevesebb támogatást adnak rájuk, vagy nem is támogatják vásárlásukat/fenntartásukat. A leginkább támogatott csoport a hálózati áramról tölthető, ún. plug-in hibridek csoportja.

A hagyományos benzines járművekhez képest komoly üzemanyag-megtakarítás érhető el használatukkal a töltőállomásoktól való függőség nélkül. Az első generációs Toyota Prius gyári átlagfogyasztási értéke 5,1 l/100 km, amelyet odafigyeléssel 3,2 l/100 km-re is lehet csökkenteni (Stump, 2011). Fontos azonban megjegyezni, hogy az odafigyelés a hagyományos benzinüzemű gépjárművek esetében is drámai fogyasztás- és ezzel párhuzamosan károsanyag-kibocsátás csökkenéshez vezet.

Napelemes autók

A napelemes autók időjáráshoz vannak kötve, és ha, egy ideális helyen sosem lenne borult ég, akkor is a mai átlagos (nem versenyre szánt) napelemes autók 20-25 km-t képesek megtenni, míg lemerülnek, ami egy benzinmotoros autóhoz képest nagyon kevés. A napelemes gépjárművek a szoláris energiát alakítják elektromos árammá: a napelem „szíve” a napelem-modul. Itt történik meg a fény elektromos energiává alakítása, a napsugarak fotonjai elmozdítják a napelem-modul félvezetőjének elektronjait a kötéseiből, ez pedig az elem diódájának anódján és katódján potenciálkülönbséget kelt, ami elektromos feszültséget gerjeszt s ez üzemelteti az autót. Működtetése tehát meglehetősen kockázatos, ám teljes egészében környezetbarát.

A fosszilis üzemanyagok és egyes (előzőekben nem számszerűsített) első- és a második generációs bio-hajtóanyag néhány fontos jellemzőjét mutatja be a 3.2. táblázat.

3.2. táblázat Hajtóanyagok legfontosabb jellemzői

Üzemanyag	Összetétel	Fűtőérték	Sűrűség	Oktánszám	Cetánszám
		MJ/l	kg/l		
Benzin	C4-C12	31-32	0,72-0,77	90-95	
Gázolaj	C15-C20	35-36	0,82-0,84		45-53
Biodízel (RME)	C16-C18	34	0,885		51
Bioetanol	CH ₃ CH ₂ OH	21	0,79	101	
Bio-metanol	CH ₃ OH	15,5	0,79	110-112	
Bio-gázolaj	C12-C20	33-34	0,77-0,78		70-90
Dimetil-éter	(CH ₃) ₂ O	18-19	0,66-0,67		55-60
Hidrogén	H ₂	8,9	0,074	106	

Forrás: Kavalov (2005), Hancsók et al (2006)

3.3.4. Bioetanol előállítása

Szintetikus úton leginkább földgázból, erjesztéssel pedig szénhidráttartalmú anyagokból is előállítható etanol. Az előbbi eljárás nagyobb költségekkel laboratóriumi tisztaságú (99,9 %) alkohol gyártására alkalmas, melyet főleg a gyógyszeriparban használnak fel. Egyéb célokra - így motorok hajtására – megfelel a növényekből erjesztett alkohol, a bioetanol is.

Az alkohol-előállítás technológiája relatíve egyszerű folyamat. Ha egy közönséges élesztőgombát levegőtől elzárt környezetbe helyezünk, és ellátjuk cukorral, akkor az élesztőgomba a cukorból alkoholt fog erjesztetni, úgy, ahogy a kiperéselt szőlőlében lévő szőlőcukrot erjesztik az élesztők borrá. Így könnyen előállíthatunk alkoholt, ha van kellő

mennyiségű cukrunk (Emőd et al., 2005). Alapanyagként a cukor-, a keményítő-, illetve a cellulóz-tartalmú növények vehetők számításba, közülük az elsőként említett anyagokból legkönnyebb – és legkedvezőbb hatásfokú – az etanol előállítása. Egy kg. glükózból elméletileg 51,1 % etanol nyerhető, a gyakorlatban ez a legkedvezőbb esetben 48 % körüli érték, kiegészítve mintegy 1200 kJ/kg hőenergia fejlődésével. A különböző eljárások lényegét a 3.3. táblázat foglalja össze.

3.3. táblázat A bioetanol előállítására alkalmazott alaptechnológiák

Alapanyag	Speciális munkafolyamatok	Közös munkafolyamatok	Szükséges anyagok	Megjegyzés
Cukor	cukor kivonása	erjesztés, desztillálás, magasabbrendű párlatok visszaforgatása, főtermék (alkohol) és melléktermékek szétválasztása, kiszemelése		legolcsóbb
Keményítő	növény felaprítása, lebontás cukorrá,		amiloglükozidáz enzim	
Cellulóz	növény felaprítása, lebontás cukorrá,		celluláz enzim	legdrágább
			sav	kedvezőtlen melléktermék

Forrás: László-Réczey (2000) alapján Bai (2004)

Különbséget kell tenni az élelmiszeripari és az ipari célú szeszgyártás között. Az üzemanyagcélú alkoholgyártásnál kevésbé kell a tisztítást és a finomítást számításba venni és emiatt a gyártási folyamat kevésbé költségigényes.

A bio-ETBE bioetanol és izobutilén katalitikus reakciójával állítható elő. A katalizátor általában savas formájú ioncserélő gyanta, a reakció 55-80 °C-os hőmérsékletet és 20 bar alatti nyomást igényel, az átalakítás hatásfoka 96-98 %. Az ETBE előállítása általában költségesebb az MTBE-nél. A bio-komponens részaránya 47, illetve 36 %.

Cukoralapú bioetanol-gyártás

A cukornád, a cukorrépa és a cukorcirok fő komponense a szacharóz (10-18%), de kevés erjeszthető glükózt is tartalmaznak. Csak e két összetevő erjeszthető közvetlenül. Ha azonban az erjesztést celluláz enzimeket (*Fusarium oxysporum* és *S. cerevisiae*) termelő kevert tenyésztéssel végzik, akkor az etanolhozam növelhető. A nyersanyag előkészítése és a cukros szuszpenzió kinyerése (extrakcióval, kivonással) után a biomasszából származó cukrok ipari méretű átalakítása etanollá valamely élesztőgombával (*Ascomycetes*) végzett fermentálással történik (3.4. ábra).

Az erjesztés során három szakaszt különböztetünk meg:

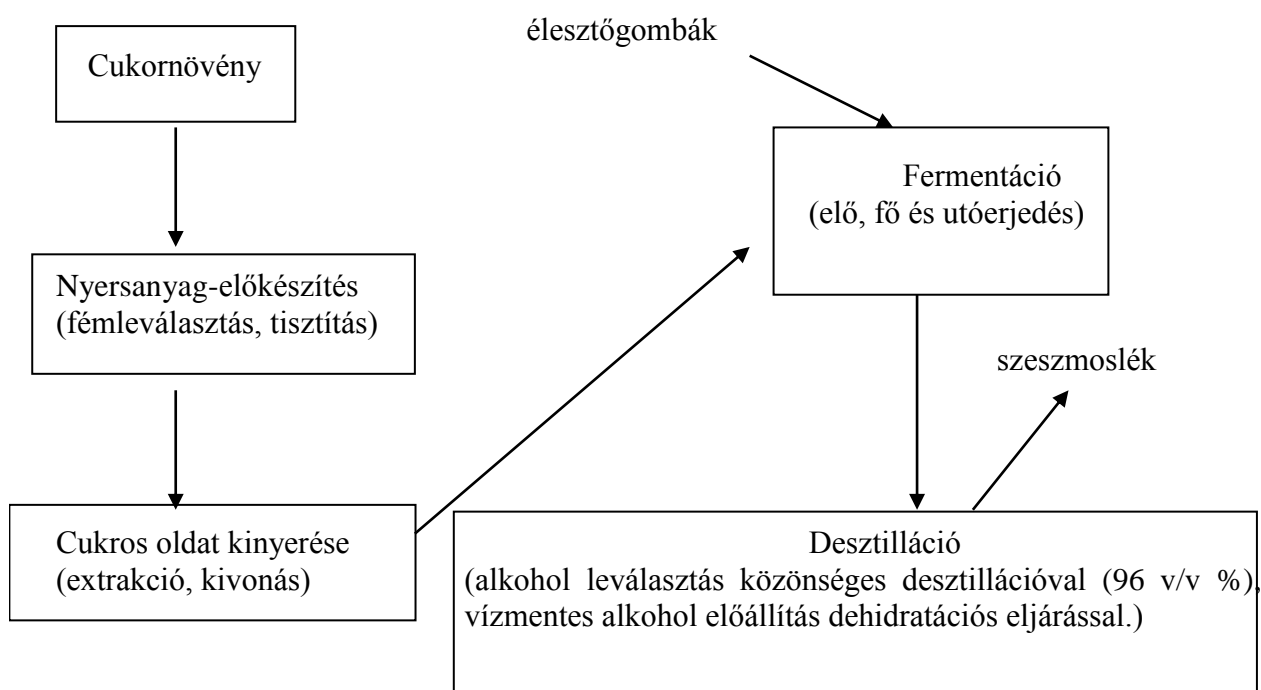
Az első szakasz az élesztőszaporodás szakasza. Gyenge levegőztetés mellett kevés a cukorfogyasztás, illetve az alkoholképződés

A fő erjedési szakaszban anaerob körülmények között felgyorsul az erjedés folyamata, megnő a cukorfogyasztás és az alkoholképződés.

Az utóerjedési szakaszban a maximális etanol-és élesztőkoncentráció elérésével a cukorkoncentráció gyakorlatilag nullára csökken.

A jó ipari erjesztést számos tényező befolyásolja:

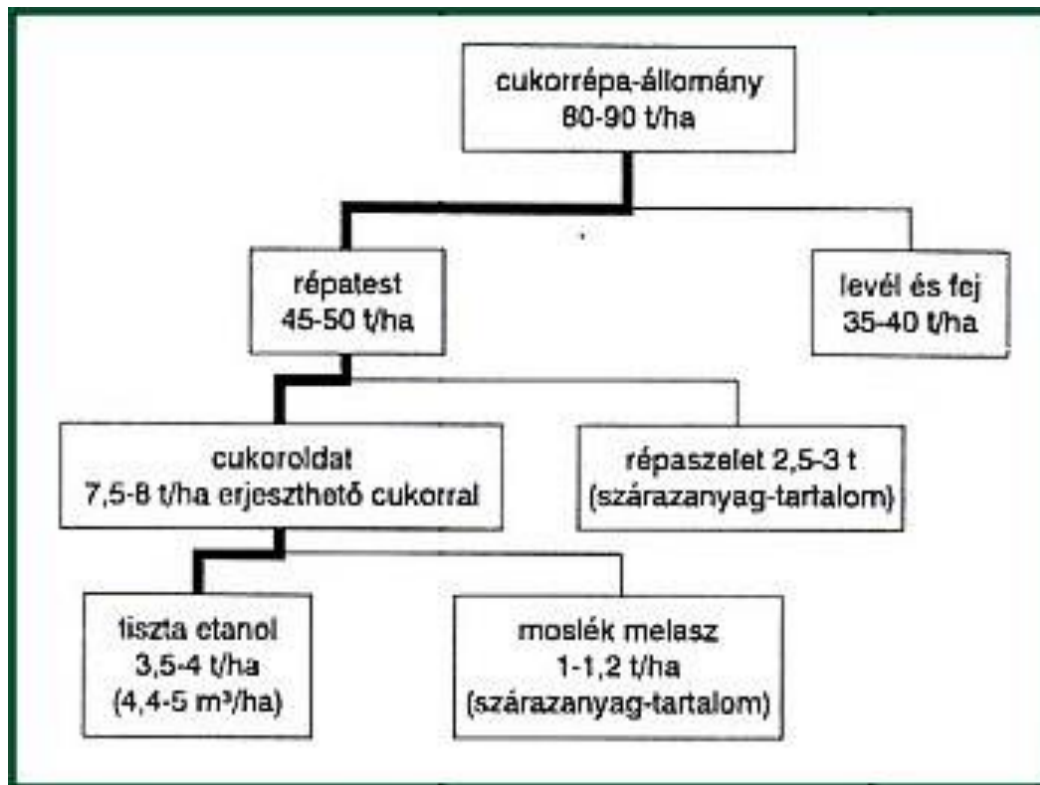
- erjeszthető cukorkoncentráció,
- megfelelő élesztőtörzs,
- optimális hőmérséklet (27-32 °C),
- gyengén savas pH: 4-5,
- szaporodáshoz szükséges tápanyag.



3.4. ábra A bioetanol készítés sematikus vázlata cukornövények esetén

Forrás: Bai-Kormányos, 2006

Az erjesztés befejezésével a cefre a feldolgozott nyersanyag cukortartalmától és a technológiától függően 8-10%-os etilalkoholt tartalmaz. Az etanol kinyerését desztillációval végzik. A végtermék etanol-koncentrációja 96 v/v% körüli. A vízmentes alkohol előállítása dehidratációs eljárással (azeotróp desztilláció, membrános vagy molekulaiszapos elválasztás), esetleg a költségesebb vákumdesztillációval valósítható meg. A bioetanol-termelés anyagmérlegét cukorrépából a 3.5. ábra mutatja be.



3.5. ábra Cukorrépa-anyagmérleg

Forrás: Barótfi I. 1998

Bioetanol előállítása keményítő tartalmú nyersanyagokból

A leggyakrabban a kb. 70%-os keményítőtartalmú kukoricát, búzát és árpát, esetleg az alacsonyabb keményítő-tartalmú (12-20 %) burgonyát használják nyersanyagként. Közös jellemzőjük, hogy bennük a cukor polimer formában van jelen. A sejtfalet előbb tehát fel kell törni, hogy a keményítőmolekulák képesek legyenek hidrolizálni, mivel az élesztőmolekulák nem képesek a polimereket fermentálni. Kétféle módon lehet glükózoldatot nyerni a gabonafélékből (Kiss Cs. et al, 2007):

A nedves eljárásnál („nedves őrlés”) a megtisztított kukoricát 0,2-0,4% kénessav tartalmú vízben 55°C-on több napon át áztatják. Eközben a szem megduzzad, s közel 50%-os nedvességtartalmú lesz. Ezt a nedves kukoricát őrlik úgy, hogy előbb a csírárt, majd finom őrlés után a héjrészeket és kukoricakorpát távolítják el belőle sűrűség szerint, ill. ívszítán végzett osztályozással. Ezután speciális szeparátorokban a fehérje és a keményítő elválasztása következik. A nedves eljárásból nyert 46% szárazanyag-tartalmú keményítőtejt a folyékonycukor-előállítás alapanyaga.

A száraz eljárásnál („száraz őrlés”) a kukoricaszemét három frakcióra bontják fel:

- az olajtartalmú, csírában gazdag frakció: a feldolgozott kukorica 10%-a, olajtartalma 20-22%;
- a lisztes frakció: a feldolgozott kukorica 35%-a, keményítőtartalma 60%, fehérjetartalma 10,5-11,5%;
- a grízes frakció: a feldolgozott kukorica 55%-a, keményítőtartalma 80%, olajtartalma 1,3%, rosttartalma 0,5%.

Összességében a nedves őrlés során a kukoricaszem optimális felhasználása a cél, míg a száraz eljárás a gazdaságos (legolcsóbb) előállítást célozza meg (Harsányi E., 2011).

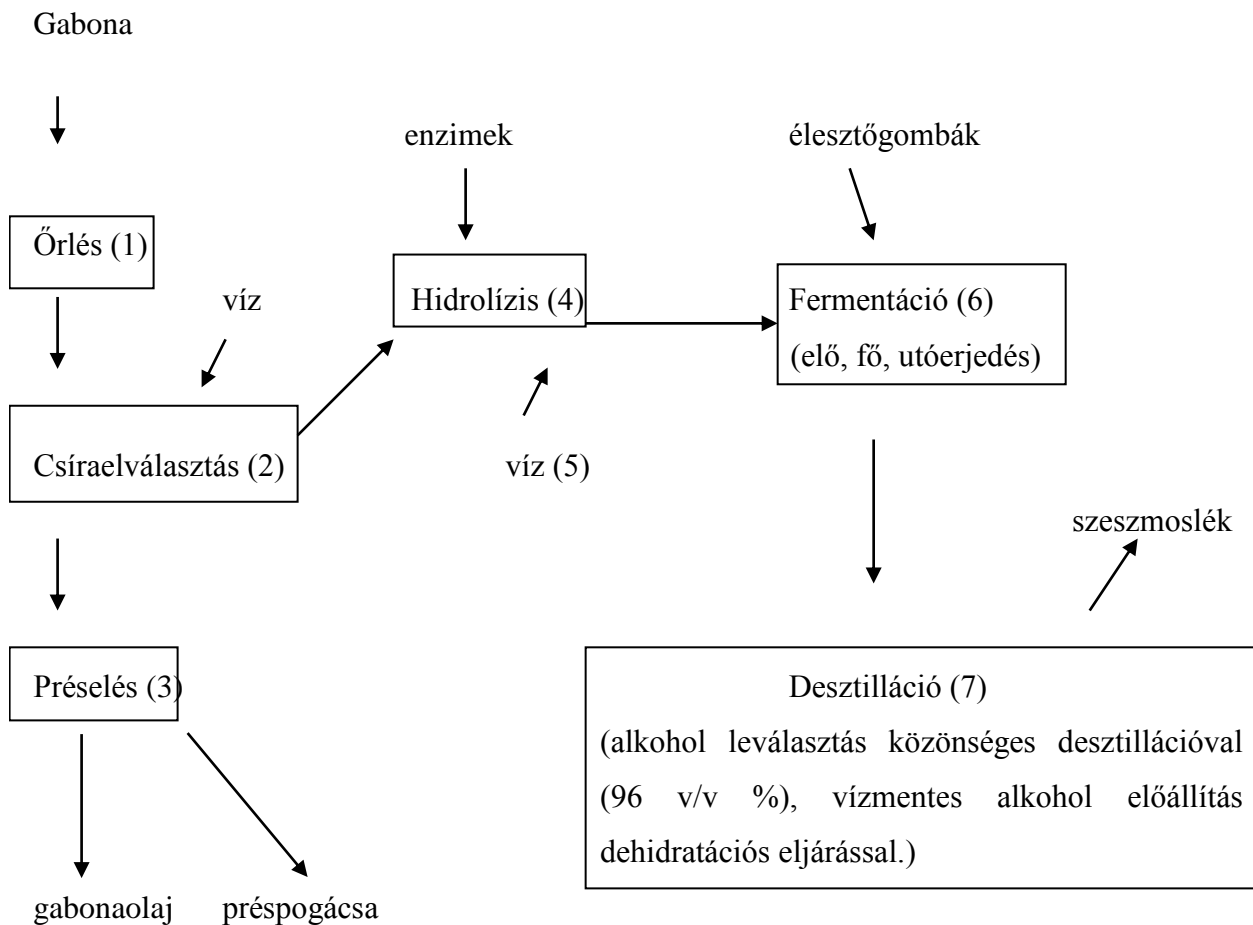
Az erjesztést mindkét esetben ezután végzik, így az etanol erjesztéssel történő előállítása a következő részfolyamatokból áll:

A keményítő enzimatisz átalakítása cukrokká, amelyet hidrolízissel és elcukrosítással lehet megerjeszteni.

Erjesztés: az élesztő az erjeszthető cukrot etanollá (8-12 v/v %) és szén-dioxiddá alakítja.

Desztilláció, amelynek során az etanolt elválasztják a reakcióelegytől.

A gabonafélék etanollá történő átalakításának főbb lépéseit a 3.6. ábra mutatja be.

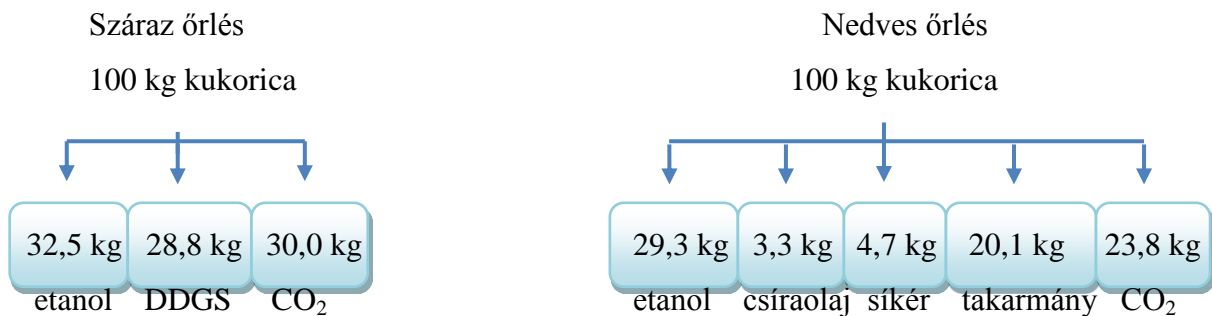


3.6. ábra A bioetanol készítés (nedves őrlés) sematikus vázlatja gabonanövények esetén

Forrás: Bai-Kormányos, 2006

A gabonamagot először mechanikusan őrlik (1), hogy a hüvelyfalat feltörjék és feltárják a keményítőt. A nagyméretű gabonafermentációs üzemekben gyakran alkalmaznak gabonacsíra-elválasztást (2) is. Az így kapott olajban gazdag gabonacsírárt szárítják és préselik (3), hogy a gabonaolajat kinyerjék belőle, az olajpogácsa pedig állati takarmányozásra alkalmazható. A szuszpenziót ezután hidrolizálják (4), a cukrot felszabadítása érdekében. A vizes szuszpenziót előmelegítik, pH értékét 7-re beállítják és enzimekkel (termofil baktériumokkal (thermophilic bacterial amylase)) kezelik. Az elegyet az enzimekhez kedvező hőmérsékletre (93 °C) melegítik és itt általában 15 perc és néhány órányi időtartam között tartózkodnak. Majd ezt a szuszpenziót megfelelő hőmérsékletre hűtik a pH-t 3-5 közé beállítják és enzimet kevernek hozzá katalizátorként. A szuszpenziót 60-70 °C között tartják folyamatos keverés mellett, mindaddig amíg a hidrolízis teljes mértékben lejátszódik. A hidrolízis végén nitrogéntartalmú vegyületet és más nyomelemeket adnak az elegyhez attól függően, hogy milyen élesztőt alkalmaznak a fermentáció folyamán. A megfelelő mennyiségű ásványi nyomelegyet a betáplált vízzel (5) juttatják a rendszerbe. Ezután következik a fermentáció (6) 27-32 °C-on, 4-5 pH mellett hajtják végre, élesztő hozzáadásával, 48-72 óra időtartam között. A fermentáció szakaszai megegyeznek a cukornövényeknél bemutatottakkal.

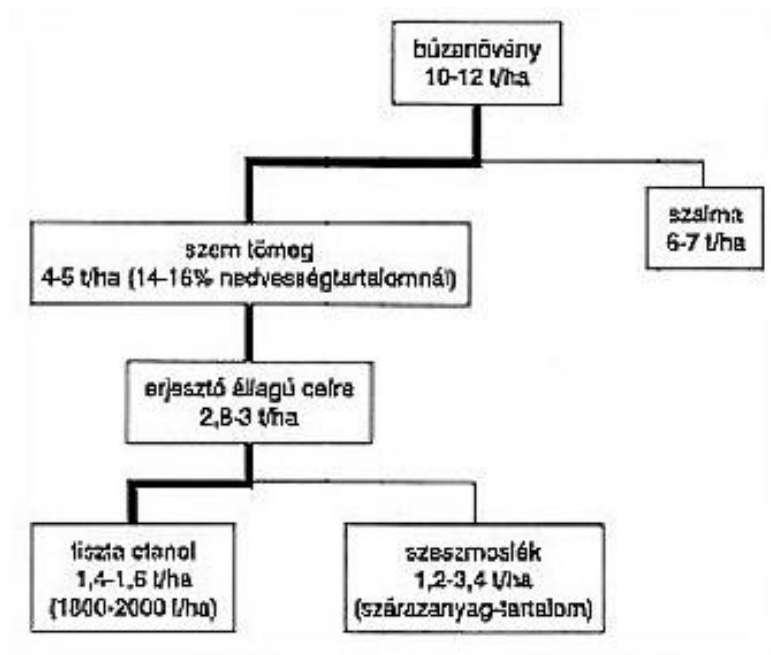
1 t kukoricából a két különböző technológiával átlagosan az alábbi ábrán látható végtermékek állíthatók elő:



3.7. ábra Bioetanol-gyártás technológiai folyamata

Forrás: Hajdú (2006)

Búzából mintegy 10 %-kal kisebb az etanol-kihozatal (3.8. ábra).



3.8. ábra Alkohol-előállítás anyagmérlege búzából

Forrás: Barótfi, 1998

A burgonya kb. 15% vízben nem oldható keményítőt tartalmaz, amelyet pép vesz körbe, így tehát, ha etanol előállítása a cél, akkor egy órán át 400 kPa-os vízgőzzel kezelik, ezután szűréssel a héját eltávolítják és a keményítő tartalmú részeket enzimatikusan hidrolizálják, majd következhet az előzőekben már taglalt fermentáció.

Bioetanol előállítása lignocellulózokból

Lignocellulóznak nevezik azokat a „fás növényekből” előállítható termékeket, amelyek fő komponense a cellulóz, míg a cellulózrostokat összekötő anyaga lignin és poliszacharid. A cellulóz-tartalmú biomassa, vagyis a lignocellulózok a növény fajtájától és érettségi

fokától függően eltérő mennyiségben tartalmaznak cellulózt, hemicellulózt és lignint. A lignocellulózok jellemzően 40-50% cellulózból, 25-30% hemicellulózból és 15-20% ligninből állnak (Wyman et al, 2005),

A lignocellulózokban a hasznosítható cukrok komplex, poliszacharidokban kötött formában találhatók meg, melyek felszabadítása nem egyszerű, mivel a növényi sejtfal szerkezete mind vegyszereknek, mind mikroorganizmusoknak meglehetősen ellenálló. A szerkezetet ezért valamilyen előkezeléssel fel kell lazítani. Ez történhet fizikai, kémiai, fiziko-kémiai, illetve biológiai módszerekkel. Az előkezelések hatékonysága mérhető a rostfrakcióban feldúsult cellulóz enzimés bonthatóságával, a hidrolizátum erjeszthetőségével és/vagy a folyadék frakcióban lévő cukrok mennyiségével, felhasználhatóságával (Réczey I-né, 2012).

A lignocellulóz kompakt szerkezete miatt a cukrosítás előtt előkezelést kell alkalmazni a poliszacharidok elérésére. Ezek közül ma a legígéretesebbek az ún. gőzrobbantásos eljárások. Ezen módszereknél nagy nyomású és magas hőmérsékletű vízgőzzel 230-250 °C-on főzik a lignocellulóz forgácsot, majd gyorsan egy megfelelően kialakított szelepen át expandálják.

Majd ezen előkezelés után az így kapott terméket hidrolizálják, fermentálják és végül desztillálják. Szakirodalmi adatok szerint 1 t fából (62 % szárazanyag-tartalom mellett) 0,31 t etanol nyerhető.

A hidrolízis elvégzésére 3 lehetőség van:

Az enzimátikus hidrolízis során a nyersanyagot gőzzel és kevés savval, 160-250 °C-on, 0,5-10 percig előkezelik. Az enzimek (pl. *Trichoderma reesei*) 15-40 NE/g koncentrációban adagolva összességében 4-13 nap alatt végzik el a lebontást.

A híg savas hidrolízis folyamata két lépésben játszódik le. Az első lépcsőben, híg kénsav, vagy kén-dioxid és gőz felhasználásával a hemicellulózt átalakítása történik meg. Az enzimátikus hidrolízisnél a hőmérséklet alacsonyabb (130-190 °C) és a tartózkodási idő hosszabb (10-30 perc). A második lépés ugyanazokkal a segédanyagokkal, de magasabb hőmérsékleten (190-265 °C-on) játszódik le néhány másodperc idő alatt. A nyerscukrot általában mésszel, vagy Na-szulfittal kezelik, a gátló anyagok semlegesítése céljából.

A tömény sávvál végzett hidrolízis során a nyersanyagot 10 % nedvességtartalomig szárítják, a sav (sósav, vagy folsav) felhígulásának elkerülésére. A hidrolízist egy lépcsőben, 35 °C-on, 5-60 perces tartózkodási idővel valósítják meg. A sav visszanyerése – nagy energiaigénye miatt – a folyamat legköltségesebb része. A savfelhasználás 0,1-0,15 kg/kg szárazanyag. A folyamatot követően, a fermentáció előtt itt is szükséges a meszes semlegesítés.

A bioetanol tökéletes víztelenítése (ETBE előállítása)

Az általánosan alkalmazott szeszleparló és –finomító eljárásokkal 95-96 % etil-alkohol tartalmú finomszesz állítható elő, mivel az etilalkohol-víz azeotrop rendszerben nem lehet az a vizet teljesen elválasztani.

A vegyszeres azeotrop elválasztásnál leparlással választható el a maradék 3-4% víz. Általában három oszlop és ülepítő dekanterrel történik a művelet. A termékben ppm nagyságrendben megjelenik a felhasznált vegyszer (pl. a benzol, a ciklohexán vagy metil-ciklohexán).

Adszorpcióval, vagy „molekula szitával” történő víztelenítésnél a gőz halmazállapotú alkohol-víz elegyből, szelektíven az adszorbensre „kondenzál” az alacsonyabb forráspontú víz. A művelet általában két adszorberben felváltva történik, vagyis míg az egyik üzemel, addig a másik deszorpciós művelettel regenerálódik.

A membrános elválasztó eljárásnál a membrán áteresztő képessége bizonyos molekulákkal szemben szelektív. A membrán-modulok nagy előnye, hogy igen nagy fajlagos felületet biztosítanak, emellett a méretnövelés is egyszerűen kivitelezhető, viszonylag olcsón üzemeltethetők és környezetterhelési szempontból ún. „tisza technológiának” minősíthetők (Sziptner, 2005).

A bioetanol-gyártás melléktermékei

A melléktermékek értékét általában önköltségi áron veszi figyelembe a számviteli nyilvántartás, ebből következően minél magasabb értéket képvisel(nek) a képződött melléktermék(ek), annál kevesebb termelési költség fogja a főterméket, esetünkben a bioetanol terhelni, vagyis a melléktermékek értékesítési ára, illetve használati értéke igen nagy szerepet játszik a gazdaságos bioetanol-előállításban. Az etanol-előállítás teljes folyamatában számos olyan melléktermék keletkezik, amelynek célirányos felhasználása növeli az alkoholtermelés hatékonyságát és gazdaságosságát, ezért indokolt ezek bemutatása is.

4.1.5.1. Cukornövény-alapú etanol-termelés

A leveles répafej zöldsztakarmánnyként használható. A bioetanol kivonása után visszamaradó besűrített moslék a vinasz. Hozzákeverhető tömegtakarmányhoz, silózáshoz is felhasználható, marha, sertés és baromfi takarmányokban egyaránt alkalmazható. A könnyen erjeszthető takarmányok általában kevés fehérjét tartalmaznak, a nitrogéntartalom növelésére a vinasz jó eredménnyel használható fel. Győrben már hat éve felhasználják az utak hó- és jégmentesítésre. A sóval ellentétben akár mínusz 10 fokig is megbízhatóan alkalmazható, nem károsítja az autókat és az aszfaltot (Bai-Kormányos, 2006).

A répaseprő káliumtartalma magas, a 3 százalékos kén tartalom pedig szerves kötésben van. A termék, mint trágya is használható.

A nedves cukorrépaszelet mindössze 6-15 %-a szárazanyag. A friss szelet rosszul tárolható, csak azonnali etetésre alkalmas. Hazai karbamidhordozó (Urebetin) alapanyagául is szolgál. A szárított répaszelet értékes takarmány és szellős, hűvös helyen hosszabb ideig eltartható. A takarmányadagok 5-10 %-át teszi ki. Célszerű etetés előtt beáztatni, mert szárazon a gyomorban duzzad meg és emésztési zavarokat okoz.

A cukornád alapú bioetanol-előállítás a déli féltekén terjedt el. A feldolgozás legfontosabb melléktermék a préselés során létrejött bagassz, amely a sűrű cukorléből kivont rostanyag. Ebből a maradványanyagból energiát állítanak elő, amit a cukormalmok fűtésére vagy elektromos áram előállításra használnak. A brazil bioetanolüzemek működnek a legalacsonyabb energiaköltséggel és a legkörnyezetkímélőbb módon, hiszen a fosszilis energiahordozókhoz képest akár 80-90 százalékos üvegházhatású gázmegtakarítást is el tudnak érni. A bagasszt emellett takarmányozási célra, vagy a papíriparban is lehet hasznosítani.

4.1.5.2. Gabonaalapú alkohol-előállítás

A bioetanol-előállítás folyamatának első melléktermékei a termelés alapanyagát képező növények fel nem használt részei, (szalma, kukoricaszár). Ezen termékek jól hasznosíthatóak fűtési célra, második generációs-, vagy biogázüzemekben, vagy hagyományos módon, a talajerő-utánpótlásban.

A száraz eljárás első köztesterméke a desztillált nedves gabonamoslék (DGW) szárazanyagtartalma 15 %, amelyből dehidratálással állítják elő a gabonatörkölyt (35 % szárazanyagtartalom), majd ezt követően szárítással a száraz gabonatörkölyt, a DDGS-t (Distillers Dried Grains with Solution). Utóbbi 26-30 % közötti fehérjetartalmú, jó minőségű kérődző-takarmány. Szárítása és pelletálása energiaigényes, Észak-Európában viszont a gyakorlatban is alkalmazzák. Szárítás nélkül ugyanis nagyrésze víz, így eltarthatósága, szállíthatósága, ilyen módon felhasználhatósága korlátozott. Az eljárás során széndioxid is felszabadul, mely hűtésre (szárazjégként), vagy üdítőitalok dúsítására is felhasználható.

A nedves őrlést alkalmazó technológiánál képződik a kukorica-csíraolaj az élelmiszeripar és a kozmetikai ipar már régóta bevált alapanyaga. A csíra kukoricaolajjá történő feldolgozásakor jóminőségű extrahált dara is keletkezik. A kukoricahéj pedig önmagában is jól értékesíthető takarmány, elsősorban hobbiállatoknak adják.

Ugyancsak a nedves őrlésnél keletkezik a nagy sikértartalmú örlemény (CGM), mely 60 % fehérjét tartalmaz. A CGM magas fehérje- és színezőanyag (xantofill) tartalma miatt a baromfiágazatban jól hasznosítható, de a sertéságazatban is elterjedt takarmány.

A másik takarmányozási célú melléktermék ennél az eljárásnál a sikértartalmú állati táp (CCF, Corn Gluten Feed), amely maradék növényi rostokat és cseppfolyós részeket tartalmaz, ennek fehérjetartalma mintegy 20 %. E melléktermék közel 30 éve létezik Magyarországon, takarmányozási célú felhasználását a Hungrana is elősegítette.

A glutén funkcionális élelmiszerek alapanyagául is szolgálhat, mivel koleszterin-csökkentő hatása van. Takarmányként nedves vagy száraz állapotban is etethető. A szárított terméknek fehérjetartalom alapján többféle (21, 41 vagy 60%-os) változata kapható a forgalomban.

Kukorica eredetű melléktermék a "szemaszörp", amit a híg moslék és a kukoricaáztató víz 30%-ra történő besűritésével állítanak elő. Keményítőértéke átlagosan 211 g/kg, nyersfehérje tartalma 98 g/kg. Aminosav-garnitúráját ki kell egyensúlyozni, lizinben a legszegényebb, aminosavainak legnagyobb hányada glutaminsav.

A nedves őrléses etanolgyártás melléktermékei lényegesen magasabb áron értékesíthetőek és piacképesebbek.

4.1.5.3. Mindkét eljárásnál képződő melléktermékek

Ipari szesz, melynek alkoholtartalma jóval alacsonyabb, felhasználható a vegyiparban, a szerves oldószerek gyártásához, a bőriparban, az ecet- a denaturált szesz, esetleg szélvédőüveg lemosó adalék gyártására.

A kozmaolaj magasabb rendű alkoholok (főleg propil, butil és izobutil) elegye, melyet a kozmetikai- és a háztartási vegyipar hasznosíthat.

Az etanol-előállítás során tehát értékes, főleg az állattenyésztésben hasznosítható melléktermékek képződnek, melyek mennyisége és értéke egyaránt jelentős. Ennek megoldására szolgálhat a nyersszesz előállításának kihelyezése mezőgazdasági nagyüzemekbe, ahol a helyben előállított alapanyagból előállítható a nyersszesz, az állatokkal helyben feleltethető a takarmány, ilyen módon csak a nyersszesz szállításáról és központi üzemben történő desztillálásáról kell gondoskodni.

Valamennyi melléktermék takarmányozási célú felhasználása során ugyanakkor korlátként jelentkezik a melléktermékek rendkívül változó összetétele és nyersrosttartalma. Nem szabad azt se figyelmen kívül hagyni, hogy gyakran fertőzött (pl. *Fusarium* sp. stb.) növényeket használnak fel bioetanol-előállítására, valamint a gyártási folyamat során vegyi anyagokkal kezelik, ezért használatuk előtt elengedhetetlen az ökotoxikológiai vizsgálat. Trágyaként történő felhasználás esetén komposztálással jó minőségű, a talaj termékenységét növelő adalékanyag állítható elő. A komposztált termék beoltható nitrogénkötő és egyéb baktériumkultúrával. A melléktermék felhasználása azért is fontos, mert csökkentheti a környezeti terhelést (AKI, 2012).

3.3.5. Biodízel-gyártás

A biodízel-gyártás első lépése (az olaj kinyerése az alapanyagból) hasonló az étolaj-gyártáshoz. Az ezt követő észterezéssel elsősorban a növényolajok cetánszáma (kisebb mértékben egyéb jellemzői is) javíthatók. Az egyes biodízel-gyártási eljárások elsősorban a felhasznált segédanyagok és energia tekintetében különböznek egymástól. Szintén nagy eltérések tapasztalhatók a kisüzemi (decentralizált) és nagyüzemi (centralizált) eljárástípusok között, folyamatosságuk, kapacitásuk és fajlagos költségeik alapján.

A növényolajok elnevezésében a „bio” előtag nem az előállítás organikus jellegére, hanem a kiindulási anyagokra (növényolajok) utal. A biodízel-előállítás legfőbb alapanyagai a következők: repceolaj, szójaolaj, pálmaolaj, napraforgóolaj, használt sütőzsiradék.

Ezek közül hazai viszonyok között a napraforgó és a repce vehető számításba alapanyagként. Ezen növények magja 44-55 % olajat tartalmaz, melynek 85-92 %-a nyerhető ki, a többi a préseles után maradó olajpogácsában marad vissza, javítva annak etethetőségét. Az olajnövényekből kinyert olaj közvetlenül is felhasználható motorikus üzemanyagként, ám csupán a régi, előkamrás dízelmotorokban nem okoznak hosszú távon problémát. A felhasználáshoz tehát át kell alakítani a motorokat, vagy a biodízelt hasonlóvá tenni a gázolajhoz jellemzően észterezés, ritkábban más ipari eljárás (krakkolás, dehidrogénezés) segítségével.

A biodízel alapanyagául szolgáló fontosabb növényolajok fizikai-kémiai tulajdonságait és zsírsavösszetételét a 3.4. táblázat tartalmazza.

3.4. táblázat Különböző növényolajok fizikai-kémiai tulajdonságai és zsírsavösszetétele

Jellemző	Repceolaj	Napraforgó olaj	Szójaolaj	Pálmaolaj
Sűrűség 15°C-on (g/cm ³)	0,915	0,925	0,930	0,920
Lobbanáspont (°C)	317	316	330	267
Zavarodáspont (°C)	0	-16	-8	31
Dermedéspont (°C)	-8 – -18	-18	-18	20 – 40
Viszkozitás 20°C-on (mm ² /s)	97,7	65,9	64,9	-6
Jódszám (g I ₂ /100g)	113	132	134	53
Elszappanosítási szám (mg KOH/g)	175	190	192	200
Fűtőérték (MJ/kg)	40,5	39,8	39,7	35,0
Cetánszám	44 – 51	33 – 35,5	38,5	42
Olajösszetétel (%)				
Palmitinsav	2 – 4	4 – 9	7 – 10	40
Sztearinsav	1 – 2	3 – 6	3 – 5	4 – 6
Olajsav	60	14 – 35	22 – 31	38 – 41
Linolsav	20	60 – 75	49 – 55	8 – 12
Linolénsav	8	0,1	6 – 11	-

Forrás: Hancsók – Kovács, 2002 és OMGK, 2009

Az alkalmazhatóság és a szabványosítás szempontjából korántsem mindegy, milyen olaj átészterezésével állítják elő a biodízelt, ugyanis az alapanyag tulajdonságai nagyban befolyásolják a végtermék jellemzőit. A folyamatos felhasználhatóság pedig megköveteli, hogy állandó minőségű biodízel kerüljön a finomítókba és az üzemanyag-töltőállomásokra.

⁶ kb. 40 °C-ig szilárd

Az európai biodízel szabvány (EN 14214:2008) többek között a jódszámot veszi alapul, ez az oka, hogy a napraforgóolaj max. 35%-ban lehet a biodízel alapanyaga. 2012-ben az F.O. Licht nyilvántartása alapján 20 350 et alapanyagból állítottak elő biodízelt. A legnagyobb mennyiségben szója-, illetve repceolajból készítettek biodízelt, ez a két alapanyag adja a teljes mennyiség mintegy 65%-át.

A biodízel előállítása jellemzően két lépcsőre tagolódik, amelyet különálló üzemek végeznek: növényolaj-előállítás (présseléssel, vagy kémiai úton) és átészterezés. Az észterezés során a növényi olajat leggyakrabban lúgos közegben metanollal reagáltatják, melynek során az alábbi folyamatok játszódhatnak le:

Növényi olaj + 3 Metanol = 3 Biodízel + Glicerín.

Ekkor főtermékként jóval kedvezőbb minőségű hajtóanyagként repce- (vagy napraforgó-) olajmetilészter (RME, illetve SME) képződik, mely gyakorlatilag minden dízelmotorban, gázolajhoz keverve, vagy önmagában is felhasználható. A növényolaj-előállítás jellemző kihozatali értékeit hazánk két fő olajnövénye, a repce és a napraforgó esetében a 3.5. táblázat szemlélteti.

3.5. táblázat A növényolaj-előállítás outputjai 1 t alapanyagra vetítve (kg)

Termék	Repce ⁷	Napraforgó ⁸
Olaj	420	440
Dara	540	420
Héj	-	100
Veszteség (víz+szennyeződés)	40	40
Összesen	1000	1000

Forrás: Jobbágy, 2013

Jól látható, hogy a napraforgó magasabb olajtartalma magasabb olajkihozatalt eredményez, ezen felül alacsonyabb piaci ára miatt is kedvezőbb alapanyag a repcénél (ma már nem igaz, mert 2012-ben csökkent a biodízelgyártás, így a repce ára az idén várhatóan a napraforgóár alatt lesz), és a belőle előállított biodízel ÜHG megtakarítási mutatói is magasabbak (2009/28/EK). Felhasználását azonban korlátozza az EU biodízelszabványa (EN 14214:2008).

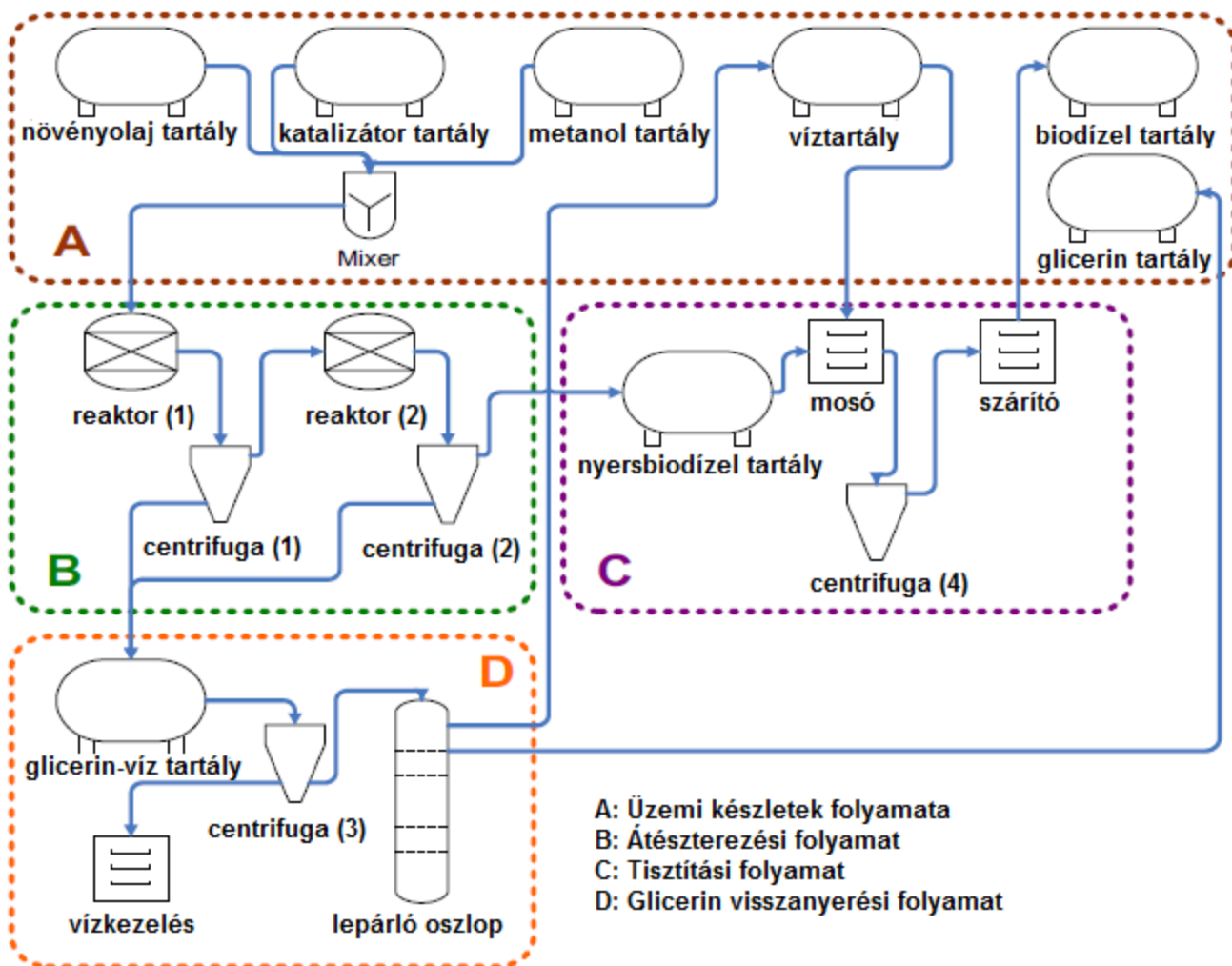
⁷ 43% olajtartalom esetén

⁸ 45% olajtartalom esetén

A keletkező melléktermékek közül a repcedara (szójaliszt, napraforgódara is) a legértékesebb takarmány. Az erukasav-mentes, ún. 0 ($>25 \mu\text{mol/g}$ glükoszínolát tart.), 00 ($<25 \mu\text{mol/g}$ glükoszínolát tart.) és 000 (tanninszegény) repcefajták darája és pogácsája sokkal jobb takarmány. A biodízel-előállításban való elterjedésük azonban kérdéses, ugyanis az erukasav javítja a repceolaj kenőtulajdonságait és növeli fűtőértékét, valamint alacsony gyulladáspontja és magas cetánszáma kedvező tulajdonságokat kölcsönöz a biodízelnak (Popp – Potori, 2011). A hagyományos repcedara etethetősége kérődzőknél 3-25%, sertésnél 0-10%, baromfinál 0-5% korcsoporttól és hasznosítási iránytól függően (Ewing, 2012).

A napraforgódara hasznosíthatóságát korlátozza a héjtartalom. Jellemzően kérődzők takarmányozására használják, borjú és bárány esetén 2,5%, hízó és tejelő állomány esetében 15-25% arányban fajtól függően. Baromfinál maximum 5-7,5 %-ban alkalmazható (I3: Harrington et al., 2010). A napraforgóhéjat jellemzően eltüzelik és a préselési, illetve extrahálási folyamat hőigényét fedezi vele. A glicerint ugyan gyógyszerkönyvi minőségben (99,7 %) igen értékes és keresett vegyészeti alapanyag, ám a biodízel előállításakor képződő glicerint mindössze 40-60 %-os töménységű, tisztítása csak nagyüzemi kapacitással gazdaságos, melynek kihasználása és pénzügyi megvalósítása is problematikus egy üzem számára. Jellemző módon ezért olcsóbb megoldásként az almos trágyához keverve tápanyagforrásként, vagy biogáz-üzemben (a receptúra néhány százalékában) kerül hasznosításra.

Az olajokat jellemzően nem önmagukban, hanem keverten észterezik. Hazánkban korábban 70% repceolaj, 30% használt sütőzsiradék volt az általános receptúra, mostanában kezdenek átállni az üzemek az EN 14214:2008 szabvány előírásait még teljesítő, azonban lényegesen kedvezőbb önköltségű 35% repceolaj, 35% napraforgóolaj, 30% használt sütőzsiradék alkalmazására. Az alapanyag-összetétel évszaktól függően is változik, mivel a nyári szabvány enyhébb előírásokat tartalmaz. 1 tonna alapanyagból jellemzően 970 kg biodízel és 160 kg glicerines fázis (60% glicerint, 10% metanol, 4-5% szabad zsírsav) keletkezik. A többletet az átészterezési folyamat során hozzáadott metanol jelenti (Jobbágy, 2013). A biodízel-előállítás általános folyamatát a 3.9. ábra mutatja. A valóságban gyakran nem egy, hanem 2-3 növényolajtartály jelenti a kezdő lépcsőt, melyek különböző növényi olajok tárolására szolgálnak, ezeket a gyártás első lépcsőjeként kevernek a megfelelő összetétel érdekében.



3.9. ábra A biodízel-előállítás folyamatai

Forrás: Skarlis et al., 2012

3.4. A bioüzemanyag-gyártás gazdasági értékelése. Üzemtervezés

3.4.1. A bioüzemanyagok gazdasági értékelése

A bio-hajtóanyagok versenyképessége általánosságban a következő feltételek egyidejű teljesítését jelenti:

Fűtőértékre vetítve olcsóbbak a hagyományos és az egyéb alternatív hajtóanyagoknál (mint helyettesítő termékeknél)

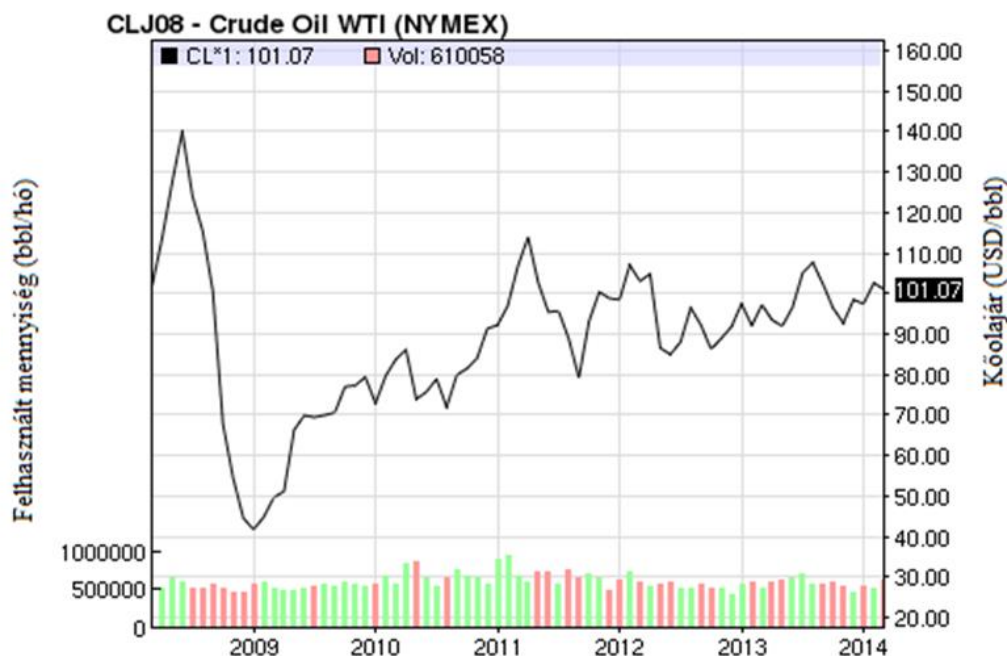
Értékesítési árak magasabb, mint az önköltségük, támogatás nélkül is megéri előállítani/eladni, ugyanakkor az alapanyagát előállítani is.

Kényelmesen beszerezhetők, nagyobb többletberuházás nélkül felhasználhatók.

Számításba kell venni azt is, hogy a környezetvédelmi célok nemcsak megújuló hajtóanyagokkal, hanem közlekedés-politikai (közlekedés-szervezés, szállítási módok) eszközökkel és a hagyományos motorok technológiai fejlesztésével is elérhetők. A biodízel és a bioetanol önköltsége – ezáltal versenyképessége - nagymértékben függ a

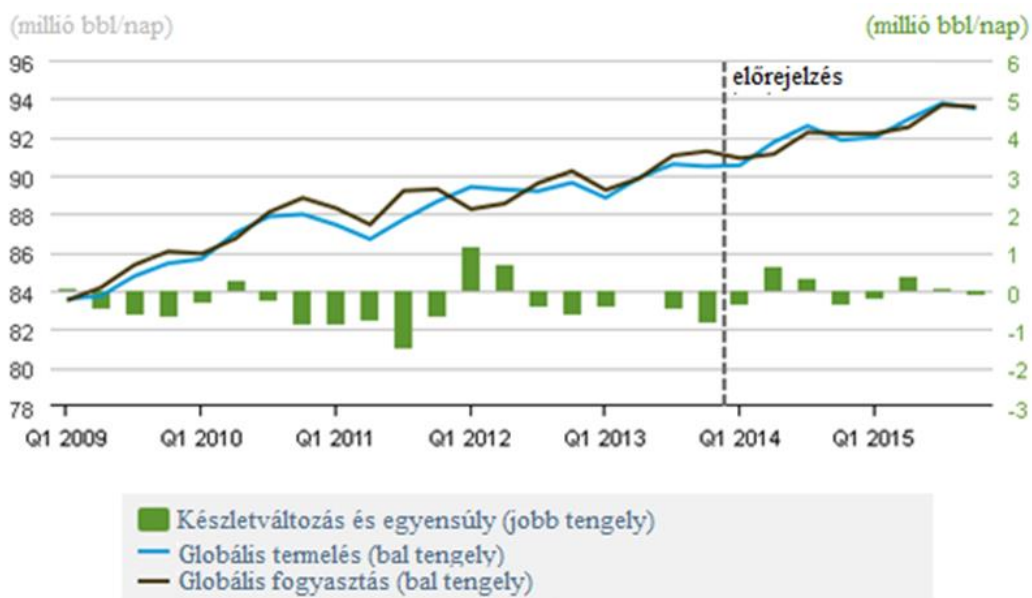
főtermék mellett keletkező nagy fehérjetartalmú melléktermékek helyi, lehetőleg takarmánycélú hasznosításától is.

A kőolaj árváltozása többirányú hatással jár. Részben növeli a bioüzemanyagok alapanyagaiért kifizethető árat, mely maga után vonja ugyanezen termékek élelmiszeripari árának növekedését is. Másrészt begyűri a földgáz árába, ezen keresztül a bioüzemanyagok (elsősorban a bioetanol) termelési költségeibe, növelve annak önköltségét. Harmadrészt pedig minden szántóföldi növény termelési költségét jelentősen emeli, hiszen közvetlen hatással van az energia-, szállítási- és műtrágya-költségekre, közvetett módon pedig hatással van az összes anyagi jellegű költségre. Egyúttal megszabja a gazdaságos szállítási távolságokat, illetve módokat is. A százalékos értékben kivetett adókon (pl. ÁFA) keresztül nagymértékben befolyásolja az állami bevételeket. Nagymértékű emelkedése az infláció növelése miatt már veszélyeket hordoz a Világgazdaság fejlődésére. A 2008-as olajár-robbanás óta a globálisan felhasznált olaj mennyisége és ára is viszonylag stabilnak mondható, bár a Brent-olaj 2012-es évi 112 USD/bbl Világpiaci átlagára történelmi csúcsot jelentett. A globális olajfogyasztás évek óta stabilan évi 0,5-0,8 %-kal nő, 2013-ban elérte a 90,4 millió hordót naponta (5,2 Mrd l/év) és 2020-ig hasonló növekedés várható (3.10. ábra- 3.11. ábra). 2014-ben az árak eddig 100 USD/bbl körül szóródtak, 2020-ra igen eltérőek az előrejelzések (80-190 USD/bbl, www.iea.org, www.oecd.org, www.oilprice.com, www.futuretimeline.net, www.HUF.com). Mivel az árváltozást jelentős részben előre nem látható (pl. politikai) tényezők is befolyásolják, nehéz pontos becslést tenni és ez a kiszámíthatatlanság erőteljesen érinti a bio-üzemanyagok – elsősorban a drágább biodízel – piaci helyzetét.



3.10. ábra Az olajár és a felhasznált mennyiség változása (2008-2014)

Forrás: <http://www.nasdaq.com> (2014.03.10-ig)



3.11. ábra A globális olajtermelés, -fogyasztás és -készletezés tényezői és becslése (2009-2015)

Forrás: <http://www.eia.gov>

A bioüzemanyagok piaca jelenleg túlságosan szerény (3 e%) ahhoz, hogy befolyásolni tudja az olajárakat. Az olajtermékek árának növekedése viszont csökkentheti az üzemanyagok globális keresletét és így a bekevert bioüzemanyagok mennyiségét is. Amíg a bioüzemanyagok önköltsége magasabb a hagyományos üzemanyagoknál addig csakis adminisztratív eszközökkel (szabványok, kötelező bekeverés, támogatások) biztosítható a felhasználásuk. Az olajárak meghatározzák a bioüzemanyagok helyettesítési (piaci) árát és a gazdaságos szállítási távolságot, a szabványok és a kötelező bekeverés mértéke a piac nagyságát, míg az önköltségükre elsősorban a mezőgazdasági alapanyagok ára van hatással.

Tyner és Taheripour (2008) kimutatta, hogy bár történelmileg a mezőgazdasági és energetikai termékek ára között igen laza volt az összefüggés, napjainkra a bioüzemanyagok megjelenésével ez lényegesen megváltozott. Vizsgálataik szerint az USA-ban mára már az olaj- és kukoricaárak lényegében együtt mozognak. Az olajárak emelkedése tehát ilyen módon maga után vonja a kukorica-kereslet növekedését és az intenzívebb termesztés-technológiák alkalmazását, valamint a marginális minőségű, esetleg termesztés alól kivont területeken történő növénytermelést. Utóbbi a trópusi országokban az esőerdők egy részének mezőgazdasági hasznosítását eredményezheti.

3.6. táblázat A biohajtóanyagok önköltsége (USD/l) 2009-2011 2013-2014

Költségkategóriák	Jellemző költségtartomány	
Cukornád alapú bioetanol (Brazília)	0,27	0,25-0,3
Kukorica alapú bioetanol (USA)	0,4	0,3-0,36
Kukorica alapú bioetanol (Magyarország)	0,45	0,3-0,4
Cukorrépa alapú bioetanol (EU)	0,47	0,4-0,5
Búza alapú bioetanol (EU)	0,6	0,5-0,55
95-ös benzin ára(2011, ill. 2014)	0,75	0,69
Gázolajár (2011, ill. 2014)	0,79	0,8
Bioetanolár (2011, ill. 2014)	0,85	0,62 – 0,7
Biodízelár (2011, ill. 2014)	1,2-1,4	1,55
Lignocellulóz alapú bioetanol	(0,6)-1,1	0,94
Biodízel (hagyományos)	0,8-1,5	1,1-1,3
BtL	1-1,2	0,85
Algaalapú biodízel	2-10	0,7-1,3*

*kísérleti eredmények

Forrás: Energiaközpont, 2011; Neuwahl et al.,2008; Biozio,2009; www.oilgae.com, Agra Ceas in Somogyi, 2011, F.O. Licht (2014. január-február), www.bloomberg.com (2013), Sanjay et al, 2013

A 3.6. táblázatban felsorolt számokból jól látható, hogy az EU-ban felhasznált bioüzemanyagok csak támogatásokkal, illetve importvámokkal lehetnek versenyképesek a fosszilis hajtóanyagokhoz, illetve a brazil bioetanolhoz képest. Az EU-tagállamok 2011-ben mintegy 10 milliárd EUR-t költöttek az agroüzemanyag-ipar támogatására. A költségcsökkenés az első generációs üzemanyagoknál is tapasztalható, de jóval kisebb mértékben, mint az újabb generációsoknál. Az EU-ban termelt bio-üzemanyagok magasabb önköltsége nemcsak a drágább alapanyagok használatának, hanem a kedvezőtlen kapacitás-kihasználásnak (bioetanol: 60 %, biodízel: 45 %) is köszönhető. Az EU-ba szállítás költségei (0,04-0,06 USD/l) nagymértékben nem módosítják ezt a megállapítást, az európai bioüzemanyag-termelők biztonsága csakis külkereskedelmi szabályozókkal (vámok, kvóták) és átmenetileg tartható fenn.

A hazai előállítás költsége ugyanakkor jellemzően alacsonyabb az európai átlaghoz képest. A szállítási költségekben (annak szárazföldi volta miatt) ugyan nincs jelentős megtakarítás a tengerentúli szállítókkal szemben, ám az importvámok (0,3 USD/l) számunkra nem jelentkezik, ezért a jelenlegi szabályozásnak köszönhetően összességében azokkal szemben is olcsóbb a magyar bioetanol.

Az IEA előrejelzése szerint 2030-ra kétharmadára csökken a hagyományos bioetanol önköltsége a technológiai fejlődésnek és a takarmányárak változásának köszönhetően. A cellulóزالapú etanol önköltsége 2020-ra várhatóan 0,6 USD/l-re, 2030-ra 0,25 USD-L-re csökken (Marcos, 2011 in www.esse.community.eu/articles/bioethanol-production-cost). A biodízelhez képest nemcsak térfogategységre, hanem fűtőértékre vetítve is olcsóbb a bioetanol előállítása.

3.4.2. Üzemtervezés

Egy biodízel, vagy bioetanol-üzem megtervezése sokrétű feladat, mely magában foglalja a projekt előkészítését, megvalósítását, majd üzemeltetését. Az előkészítés során a műszaki és pénzügyi megvalósíthatóságot és a méretezés szempontjait a helyi sajátosságok alapján összeállított szakértői tanulmánnyal lehet megválaszolni. Ennek során meg kell vizsgálni a beszerezhető alapanyagokat, ezek beszerzési árát és ütemezhetőségét, a már rendelkezésre álló infrastruktúrát, a számításba vehető technológiák árát, technológiai paramétereit, valamint a finanszírozási lehetőségeket. Minden bio-energetikai beruházás esetén a képződő melléktermékek nagymértékben befolyásolják a főtermék önköltségét, ezért törekedni kell ezek lehetőleg helyi, további manipulálást (költséget) nem igénylő, minél értékesebb felhasználására. Mindkét bioüzemanyag esetén ezért nagy előnyt jelent a helyi kérődző állatállomány jelenléte, továbbá a biodízel esetén egy biogáztelep (glicerín-hasznosítás), a bioetanol esetén algaató, üvegházak (széndioxid-hasznosítás) helyi jelenléte is előnyt jelent. A bioetanol-üzemek esetén a költségek jelentős részét teszi ki a hőigény (a többszöri desztillálás és a nedves törköly (WDGS) szárítása miatt), ami legolcsóbban valamely helyi erőmű hulladék hőjével fedezhető. A főtermék értékesítésénél komoly mérlegelést igényel, hogy hazai, vagy külföldi piacra termel-e az üzem és hogy az alapanyagok és a helyettesítő termékek árváltozása, valamint a várható jogszabályváltozások (pl. kötelező bekeverési részarány) hogyan befolyásolja majd a jövőbeni működtetést.

Az üzemtervezés a fenti általános szempontokon túlmenően konkrét kalkulációkat igényel, melyek leegyszerűsített változatát a következőkben mutatjuk be.

Bioetanol-üzem létesítése és működtetése

Szükséges alapadatok

- üzem kapacitása: 210 ezer t bioetanol/év, száraz eljárásos technológia
- végtermékek aránya: 35 % kihozatal, 30 % törköly, 30 % CO₂, 5 % veszteség
- alapanyag: kukorica, 6 t/ha átlaghozam, kétéves vetésváltás, 60 eFt/t kukorica-ár
- végtermékek árai: DDGS: 50 eFt/t, bioetanol: 130 Ft/l
- alapanyag-költség részaránya: 50 %, bioetanol sűrűsége: 0,78 kg/l

- fajlagos beruházási költség: 200 Ft/l/év, átlagos amortizációs kulcs: 10 %

Számítások

1. Az **integrálandó terület nagyságához** először is ismernünk kell a szükséges alapanyag-mennyiséget: $210 \text{ et} / 35 \% = 600 \text{ et}$ kukorica évente
 - a. Az évente az alapanyag-előállításba bevonandó földterület a szükséges alapanyag-mennyiség és a termésátlag hányadosa: $600 \text{ et} / 6 \text{ t/ha} = 100 \text{ e ha}$
 - b. Mivel az üzem folyamatos működéséhez minden évben szükségünk van ennyi alapanyagra, de ugyanazon a területen kétfévente célszerű termesztani a kukoricát, ezért 200 e ha-t szükséges számításba venni az ellátáshoz, melyből 100 e ha-on minden évben a bioetanol-üzem részére termelnek alapanyagot.
2. Az **előállított bioetanol-mennyiség** kiszámítása két szempontból is lényeges: (1) a bevételek meghatározó részét alkotja, (2) a beruházás nagysága is ebből becsülhető. Kiszámításához a sűrűség segítségével átváltjuk a tömegmennyiséget térfogategységre: $210 \text{ et bioetanol} / 0,78 = 269 \text{ Ml bioetanol}$
 - a. ennek értéke (az árral való szorzata): $269 \text{ Ml} * 130 \text{ Ft/l} = 32,3 \text{ Mrd Ft}$
 - b. a beruházásigény (a fajl. beruházási költséggel való szorzat): $269 \text{ Ml} * 200 \text{ Ft/l/év} = 53,8 \text{ Mrd Ft}$
3. A **termelési költség** becslése az alapanyag-költségből indul ki, hiszen ez a legnagyobb költségtétel a működtetés során.
 - a. Az alapanyag-költség az alapanyag-mennyiség és az ár szorzata: $210 \text{ et kukorica} * 60 \text{ eFt/t} = 12,6 \text{ Mrd Ft/év}$
 - b. A termelési költség 50 %-a az alapanyag-költség, ezért ennek nagysága: $12,6 \text{ Mrd Ft alapanyag-ktg} / 0,5 = 25,2 \text{ Mrd Ft/év}$
 - c. A beruházási költség átlagosan 10 %-át írjuk le évente amortizációs költségként, ami ugyan költség, de nem kiadás, hiszen nem jár pénzmozgással, nagysága (a 2. pontból): $53,8 \text{ Mrd Ft} * 10 \% = 5,4 \text{ Mrd Ft/év}$
 - d. Az előzőekből következően a 25,2 Mrd Ft termelési költségből $25,2 - 5,4 = 19,8 \text{ Mrd Ft}$ a kiadás, ebből az alapanyagok 12,6 Mrd Ft-ot, egyéb kiadások (szárítási, személyi, rezsi, javítási költségek) pedig 7,2 Mrd Ft-ot tesznek ki. A termelési költség kiszámítása a nettó jövedelem kalkulációjához, míg a kiadások ismerete a megtérülés becsléséhez szükséges.
4. A **bevételek** jellemző esetben két részből állnak:
 - a. A bioetanol értékét a 2. pontban már kiszámoltuk (32,3 Mrd Ft)
 - b. A DDGS értékéhez ismernünk kell ennek előállított (eladott) mennyiségét és ennek árát.

- i. A mennyiség becsléséhez az 1 pontból és az alapadatokból tudjuk, hogy 600 et kukorica alapanyag 30 %-a a törköly, vagyis 180 et évente.
 - ii. Ennek értéke: $180 \text{ et} \cdot 50 \text{ eFt/t} = 9 \text{ Mrd Ft/év}$
- c. Következésképpen az összes bevétel: $32,3 \text{ Mrd Ft} + 9 \text{ Mrd Ft} = 41,3 \text{ Mrd Ft}$
- 5. A **nettó jövedelem** becslése a termelési érték (jelen esetben megegyezik az árbevétellel) és a termelési költség különbsége: $41,3 \text{ Mrd Ft} - 25,2 \text{ Mrd Ft} = 16,2 \text{ Mrd Ft}$ adózás előtti jövedelem keletkezik várhatóan évente.
- 6. A **pénzforgalmi egyenleg** a bevételek és kiadások különbsége: $41,3 \text{ Mrd Ft} - 19,8 \text{ Mrd Ft} = 21,5 \text{ Mrd Ft}$ évente. Ebből kell megtérülnie az 53,8 Mrd Ft-os beruházási összegnek. Amennyiben az időnek nem lenne pénzértéke, akkor ez $53,8 \text{ Mrd Ft} / 21,5 \text{ Mrd Ft} = 2,5$ év alatt következne be a fenti paraméterekkel, ami beruházói szempontból igen vonzó eredmény. Ezt azonban befolyásolják a következő tényezők:
 - a. A finanszírozás. Amennyiben a beruházási összeg egy része vissza nem térítendő támogatás, akkor a megtérülés még gyorsabb, hiszen a vállalkozó kevesebb tőkét fektet a tevékenységbe, amely hamarabb visszatérül. Amennyiben viszont saját, de még inkább hiteltőke teszi ki a beruházási költség jelentős hányadát, akkor ezek használati költsége (elvárt jövedelmezősége) miatt a pénzforgalmi egyenleg értéke egyre kisebb lesz az idő előrehaladtával, míg a beruházott összeg nagysága változatlan marad, tehát a megtérülés távolabbra tolódik.
 - b. A bevételek és kiadások legfontosabb tételeinek árváltozása
 - c. Az évente eladott mennyiség, mely nemcsak a piaci kereslet változásából fakadhat, hanem a műszaki hibák miatti termelés-kiesésből is. Ez aláhúzza a folyamatos működtetés fontosságát, mely magában foglalja az alapanyag folyamatos rendelkezésre állását, a technika folyamatos működőképességét, valamint az értékesítés biztonságát is, nemcsak a fő-, hanem a melléktermék(ek) esetében is.
- 7. Az **önköltség** számításakor feltételezhető, hogy a mellékterméket (a DDGS-t) önköltségi áron tudjuk értékesíteni/felhasználni, ezért a termelési költségből 9 Mrd Ft-ot fordítunk ennek előállítására. Ebből adódóan a termelési költség többi része a bioetanol előállítására szolgál, aminek nagysága: $25,2 \text{ Mrd Ft} - 9 \text{ Mrd Ft} = 16,2 \text{ Mrd Ft}$. Ez a pénzmennyiség összesen 269 MI bioetanol előállítását teszi lehetővé, vagyis egy liter bioetanol $16,2 \text{ Mrd Ft} / 269 \text{ MI} = 60 \text{ Ft/l}$ önköltségen állítható elő, ami a 130 Ft/l értékesítési árhoz képest feltétlenül előnyös pozíciót jelent. Amennyiben nem tudjuk felhasználni/értékesíteni a mellékterméket, akkor a teljes termelési költség a bioetanolt terhelné, ezért önköltsége $25,2 \text{ Mrd Ft} / 269 \text{ MI} = 94 \text{ Ft/l}$ lenne, ami a példában szereplő alapadatok mellett még mindig nyereséges termék-előállítást tenné lehetővé. A melléktermékek hasznosításának hatása azonban nem elhanyagolható: 34 Ft/l különbséget okoz a bioetanol önköltségében.

Biodízel-üzem létesítése és működtetése

A biodízel-üzem tervezése nagyon hasonló a bioetanol-üzemhez, a számítás folyamata ugyanaz, mindössze az alapadatok számszerű értéke különbözik.

Szükséges alapadatok

- üzem kapacitása: 36 ezer t/év biodízel
- végtermékek aránya: 36 % biodízel, 60 % olajmag-pogácsa, 4 % glicerín,
- felhasznált alapanyag: repce, 2,5 t/ha átlaghozam, 4-éves vetésváltás, 110 eFt/t repceár
- végtermékek árai: biodízel: 250 Ft/l, olajmag-pogácsa: 50 eFt/t, glicerín: nincs értékesítés
- alapanyag-költség részaránya: 85 %, biodízel sűrűsége: 0,9 kg/l
- fajlagos beruházási költség: 60 Ft/l/év, átlagos amortizációs kulcs: 10 %/év

Számítások

1. **Szükséges alapanyag-mennyiség:** 36 ezer t/év üzemméret / 36 % biodízel-kihozatal = 100 ezer t/év
2. **Integrálandó terület:** 100 ezer t/év alapanyag / 2,5 t/ha átlaghozam x 4 év vetésváltás = 160 ezer ha
3. **Előállított biodízel-mennyiség** térfogategységben: 36 ezer t/év biodízel / 0,9 kg/l = 40 millió l/év
 - a. Bevétel a főtermékből: 40 millió l/év * 250 Ft/l biodízel-ár = 10 Mrd Ft/év
 - b. Beruházás-igény: 40 millió l/év * 60 Ft/l/év fajlagos beruházási költség = 2,4 Mrd Ft
 - c. Amortizációs költség: 2,4 Mrd Ft * 10 % átlagos kulcs = 0,24 Mrd Ft/év
4. **Termelési költség:** 100 ezer t/év repce-mennyiség * 110 eFt/t repceár = 11 Mrd Ft/év alapanyag-költség / 85 % részarány = 12,94 Mrd Ft/év
 - a. Ebből kiadás: 12,94 Mrd Ft termelési költség – 0,24 Mrd Ft amortizációs költség = 12,76 Mrd Ft
5. **Bevételek:**
 - a. Biodízel-értékesítés: 10 Mrd Ft/év (2. pont)
 - b. Olajmagpogácsa-értékesítés: 100 ezer t/év alapanyag * 60 % olajmagpogácsa-kihozatal = 60 ezer t/év olajmag-pogácsa, ennek értéke 60 ezer t/év * 50 eFt/t = 3 Mrd Ft/év
 - c. Összes bevétel / termelési érték: 13 Mrd Ft/év
6. **Nettó jövedelem:** 13 Mrd Ft termelési érték – 12,94 Mrd Ft/év termelési költség = 0,06 Mrd Ft/év

7. **Pénzforgalmi egyenleg:** 13 Mrd Ft/év bevétel – 12,76 Mrd Ft/év kiadás = 0,24 Mrd Ft/év

- a. Statikus megtérülési idő: $2,4 \text{ Mrd Ft} / 0,24 \text{ Mrd Ft/év} = 10 \text{ év}$, vagyis éppen a működés időtartama alatt térül meg, amennyiben nem számolunk az idő pénzértékével.

8. **Önköltség:**

- a. Melléktermék-hasznosítással: 13 Mrd Ft/év termelési költség – 3 Mrd Ft/év olajmagpogácsa-költség = 10 Mrd Ft nettó termelési költség, $10 \text{ Mrd Ft} / 40 \text{ millió l/év biodízel} = 250 \text{ Ft/l}$ önköltség, mely megegyezik a biodízel árával, vagyis nullszaldós a termelés.
- b. Melléktermék-hasznosítás nélkül: $13 \text{ Mrd Ft/év termelési költség} / 40 \text{ millió l/év biodízel} = 325 \text{ Ft/l}$, vagyis 75 Ft veszteségünk képződik minden liter biodízel értékesítésénél a megadott paraméterek alapján.

A megújuló hajtóanyagok jövőbeli lehetőségei

A benzin és gázolaj várható drágulása és a protekcionista eszközök leépülése következtében globális szinten előbb a cukornád-alapú bioetanol és a pálmaolajból készült biodízel, majd – élelmiszerbiztonsági és fenntarthatósági indokokból - az újabb generációs hajtóanyagok nagyobb térnyerése várható. EU-szinten ez részben a vágóhídon megtermelt és egyéb célra fel nem használt sütőolaj (1,3 Mt/év, AKI, 2013) és a használt sütőolaj fokozott hasznosításával, valamint a bioüzemanyagok (főleg a biodízel), illetve alapanyagaik importjának növekedésével jár. A folyamat elsődleges nyertesei valószínűleg a trópusokon fekvő fejlődő országok lesznek, ahol legeredményesebben képesek az alapanyag-költséget minimalizálni részben a hatalmas potenciális hozamokkal (C4-es fotoszintézist alkalmazó növények), részben az intenzitás fokozásával. A biomassa termelékenysége trópusi környezetben a legmagasabb, számos fejlődő országban ezért alacsonyabb a bioüzemanyagok előállításának költsége. Brazíliában a cukornádból előállított bioetanol támogatás nélkül is az utóbbi években versenyképes volt a benzinnel, ráadásul a cukornádból történő etanolgyártáshoz szükséges fajlagos fosszilis energiaszükséglet, illetve CO₂ kibocsátás kisebb, mint az Európában előállított etanol esetében (Popp-Somogyi, 2007).

Az élelmiszernövények árának emelkedése ugyanakkor az intenzitás növelésére ösztönzi a fejlődő országok termelőit is, növelve az élelmiszernövények (valamint az intenzív termeléshez szükséges termékek) kínálatát is. A melléktermékek helyi hasznosítása pedig nemcsak a főtermékek versenyképességét, energetikai hatékonyságát javítja, hanem takarmányként hozzájárul az állati termékek gazdaságosabb előállításához, valamint az etanol esetében az esetlegesen helyben rendelkezésre álló hulladékhő hatékony felhasználásához is.

Az újabb generációs termékek térnyerése a kőolaj- és a mezőgazdasági alapanyagárak, a CO₂-kibocsátás egységárainak várható emelkedése, valamint a fejlettebb technológiák miatt várhatóan éveken belül felváltja előbb az első generációs biodízel, majd a kukoricaalapú, végül (hosszabb távon) esetleg a cukornád-alapú bioetanol előállítását is. Ennek eredményeként a gabona-, olaj- és cukornövények kereslete és ára kevésbé fog emelkedni a jövőben, mintha nem számolnánk ezen üzemanyagokkal. A hatások azonban nem egyértelműek a következő okok miatt::

A cellulóz ipari kereslete (textilipar, lebomló csomagolóanyagok) is várhatóan jelentősen emelkedni fog. Emiatt ez az alapanyag is fel fog értékelődni, a véges mennyiség miatt pedig a cellulózalapú üzemanyag-gyártásban is komolyabb versenyhelyzet prognosztizálható.

Eltűnnek a piacról az első generációs üzemanyagok melléktermékei, így a takarmányárak növekedni fognak.

Az árarányok változásától függően átalakulhat a szántóföldi vetésszerkezet az energetikai ültetvények javára. Ennek előnye a rosszabb adottságú szántóföldek művelésbe vonása, hátránya pedig a fokozódó erdőirtás lehet.

Mivel a következő évtizedben várhatóan az állami támogatások fokozatos megvonása fogja meghatározni a bioüzemanyag-szektor alakulását, ezért előtérbe kerül a helyi piacok nagysága és a bankrendszer jellemzői. A megújuló energiával kapcsolatos beruházási projektek 2014-es Top 10-es listájában 5 ázsiai ország is szerepel, közülük Japán az alacsony kamatlábú befektetések révén az üzemeltetők, míg Kína az alacsony költségek és a szinte korlátlan nemzeti piac miatt a berendezésgyártók számára vonzó. Hazánkban költségvetési szempontok határozzák meg a szabályozást, a jelenlegi üzemek alapanyag-beszerezési és végtermék-értékesítési oldalról is ki vannak szolgáltatva a külpiacnak és az európai tendenciák (első generációs bio-üzemanyagok korlátozása) sem teszik vonzóvá a hasonló beruházásokat. A hazai bio-üzemanyag felhasználást (más európai országokhoz hasonlóan) az E-10, B-10 és E-85 hajtóanyag, valamint a tömegközlekedési célú fokozott bekeverés által lehetne érdemlegesen növelni, mely azonban az adózási rendszer jelentős átalakítását tenné szükségessé. A biometán és az elektromos autók hozzájárulása az elvárások teljesítéséhez csak kiegészítő jelentőségű (az NCST szerint összesen 5,4 %, 27 ktOE) lehet 2020-ig.

4. A BIOGÁZELŐÁLLÍTÁS ÉS A BIOGÁZHASZNOSÍTÁS TECHNOLÓGIÁI

4.1. A biogáztermelés általános bemutatása

A biogáztermelés legrövidebben jellemző folyamataival és berendezéseivel, valamint alapanyagaival és termékeivel írható le.

A biogáztermelő berendezés meghatározó szerkezeti egysége a fermentor (erjesztő), ahol a biológiai folyamat lezajlik. A fermentor különböző anyagból (acél, beton, műanyag) készülhet, alakja is változó, föld feletti vagy föld alatti tartály. A keverést általában szivattyú biztosítja. A megfelelő hőmérséklet eléréséhez hőszigetelésről és fűtésről is gondoskodni kell. A trágya felmelegítését általában hőcserélő biztosítja. A keletkező biogáz tárolása történhet kis (0,05 bar alatt), közepes (20 bar-ig) és nagy nyomáson (200 bar-ig). A biogáz jellemző összetételét a 4.1. táblázat mutatja.

4.1. táblázat A biogáz átlagos összetétele

Megnevezés	Képlete	Aránya (%)
metán	CH ₄	45-70%
széndioxid	CO ₂	30-55%
hidrogén	H ₂ :	0-1%
oxigén	O ₂	0-2%
kénhidrogén	H ₂ S,	0-3%
ammonia	NH ₃ :	0-10%

A biogáz átlagos fűtőértéke: 22-25 MJ/m³. Az anyag erjedése általában 20-30 nap. A biogáz fűtésre és robbanómotorok hajtására is felhasználható. A szarvasmarha és sertés trágyából 0,25-0,5 Nm³/kg, baromfitrágyából pedig kb. 0,6 Nm³/kg biogáz termelhető szerves szárazanyagra vonatkoztatva..

4.1.1. A technológiák közös jellemzői és berendezései

A biológiai elgázosítás alapvetően három fázisra osztható:

- nyersanyagok előkezelése;
- anaerob lebontás;
- a keletkező termékek utókezelése.

2.1.1. Előkezelés

Az előkezelés a kezelendő hulladék típusától és a gyűjtés módjától (elkülönített gyűjtés vagy utólagos válogatás) függ. A keletkezés helyén történő elkülönített gyűjtés esetén is elképzelhető az utólagos válogatás a rendszerbe való bevitelt megelőzően.

A növényi eredetű hulladék előkezelése homogenizálást, aprítást, őrlést, pépesítést, rostálást, válogatást, nedvesítést jelent.

Állati hulladék biogázüzemben való hasznosítása esetében e műveleteken túl be kell tartani a 71/2003. (VI.27.) FVM rendelet előírásait az állati hulladék osztályba sorolását. Eszerint az 1-2 osztályba sorolt állati eredetű hulladékok hőkezelési igénye: az aprítás mértékétől függő sterilizálás (4.2. táblázat).

4.2. táblázat Az 1-2. veszélyességi osztályba tartozó szerves anyagok sterilizálása

Aprítási méret (mm)	50	150			30	30		20	
Hőmérséklet (C)	133	100	110	120	100	100	130	80	100
Tartózkodási idő (min)	20	125	120	50	95	13	3	120	60

A 3. osztályba tartozó anyagokat sterilizálni és pasztörözni kell a következő követelmények teljesítésével:

- maximális részecskénagyság a pasztöröző egységbe történő belépés előtt 12 mm
- minimális hőmérséklet a pasztöröző egységben lévő egész anyagban 70 oC
- minimális idő a pasztöröző egységben megszakítás nélkül 60 min

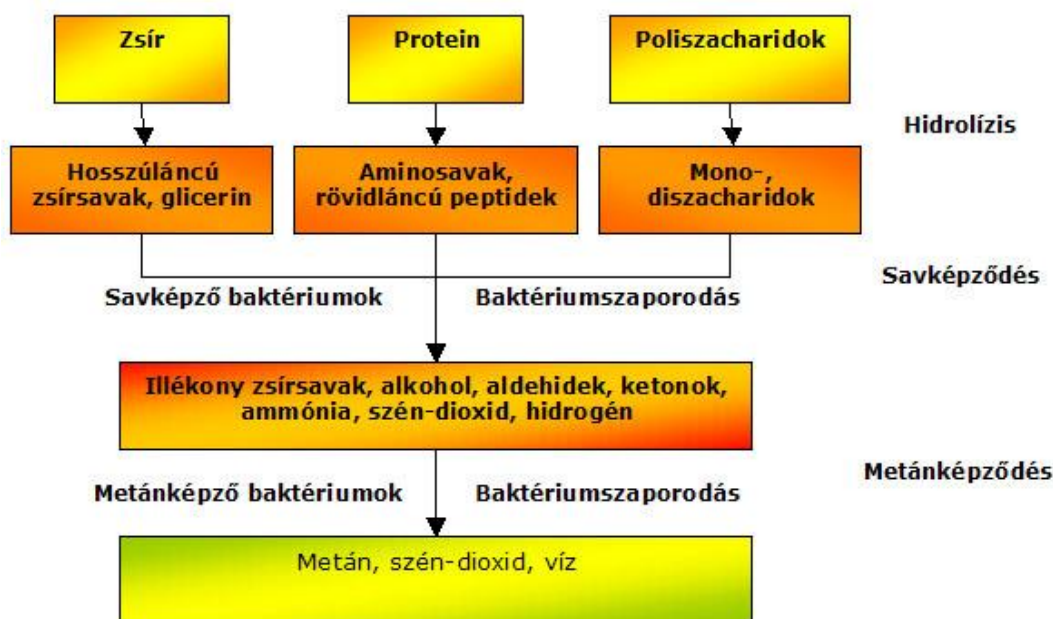
A rendelet szerint a különböző szerves anyagok osztályba sorolását a 4.3. táblázat foglalja össze:

4.3. táblázat Állati szerves hulladékok osztályba sorolása

1. osztály:	Betegségben szenvedő, kedvtelésből tartott és kísérleti célra használt állatok hullái, kérődzők SRM anyagot tartalmazó részei és egyéb anyagok.
2. osztály:	Trágya, hígrágya, bendő, béltartalom, 1-es osztályba nem sorolt állatok hullái és egyéb anyagok.
3. osztály:	1-es osztályba nem tartozó állatok vágóhídi hulladékai, konyhai hulladékok és egyéb anyagok.

4.1.2. Az anaerob lebontás jellemzői

A biogáz, a szerves anyagok anaerob bomlásakor, illetve a biomassza zárt térben való elgázosításakor 40-50 különböző mikroorganizmus közreműködésével fejlődő gáz. A komplex szerves-anyagok (fehérjék, zsírok, szénhidrátok, növényi rostok stb. keveréke) részlegesen, általában csak 50-90%-a alakíthatóak át biogázzá az erjesztőkre jellemző tartózkodási idő alatt. A magasabb értékek általában a termofil eljárásokra jellemzőek. A folyamat mikrobiológiai részleteit a 4.1. ábra mutatja be.



4.1. ábra A fermentációs folyamat sémája

Forrás: <http://www.agrener.hu/biogaztermeles.php>

Aszerint, hogy a fermentatív és a metános erjesztést külön-külön vagy együtt valósítják meg a reaktorban megkülönböztetünk egylépcsős és kétlépcsős eljárásokat. A gyakorlatban az egy- és többlépcsős eljárások inkább a különböző hőmérsékletű fermentációs eljárások önálló vagy kombinált alkalmazásából születnek, amihez az eljárásokat a hőmérséklet alapján az alábbiak szerint csoportosítjuk.

Hőmérséklet szerinti csoportosítás

A biogáz keletkezése elméletileg +4 +98°C között lehetséges. Minden hőmérsékleti tartományban a metanogén baktériumok más-más törzse tevékenykedik. A különböző technikai szintet jelentő biogáz-telepeken a szokásos lebontási hőmérsékleteket a 4.4. táblázat mutatja be.

4.4. táblázat Termelési hőmérsékletek zónánként

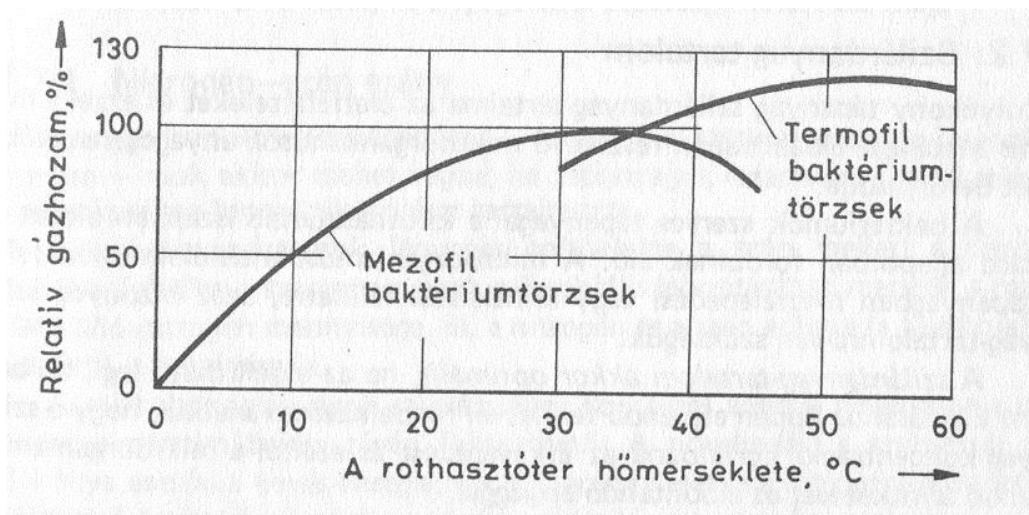
Zóna	Jellemző termelési hőmérséklet (oC)
pszichrofil	környezeti hőmérséklet
mezofil	+25...+40
termofil	+50...+60

A mezofil és termofil tartományban kialakuló mikrobiális közösségek túlnyomórészt más-más fajokból állnak. Ez azt jelenti, hogy megtalálunk egy mezofil fermentorban is termofil törzseket, de részarányuk sokkal kisebb, mint a termofil körülmények között. A gyakorlatban ez azért fontos, mert a hőmérséklet megváltozásával (vagy jelentős hőmérséklet-ingadozás esetén) a lebontás időtartama erősen megnő, hiszen ki kell alakulni az új mikrobiális közösségnek, ami időigényes és nagymértékben lecsökkenti az éves biogázhozamot. A termofil baktériumok érzékenyebbek a hőmérséklet változására a mezofil fajoknál.

A magas hőmérsékleten dolgozó mikróba közösségek kevesebb propionsavat és vajsavat készítenek, a köztes lépések fő terméke az ecetsav és hidrogén. Így a termofil körülmények között végzett anaerob lebontás környékén kevésbé érezhető az anaerob bomlást kísérő a hosszabb szénláncú szerves savak okozta jellegzetes illat.

Különös elővigyázatosságot igényel a termofil fermentáció indítása, ha mezofil reaktorból származó oltóanyagot használunk a művelethez. A termofil mikróba közösség tagjai ugyan kis számban ilyenkor is jelen vannak, de nem azonos ütemben szaporodnak fel. Termofil körülmények között is igaz, hogy a metanogén baktériumok sokkal lassabban szaporodnak, mint a velük egyensúlyt tartó acetogének. Az eltérő szaporodási sebesség miatt könnyen felborulhat az érzékeny egyensúly és a biogáz termelés leáll, általában a szerves savak felhalmozódása okozta gátlás miatt.

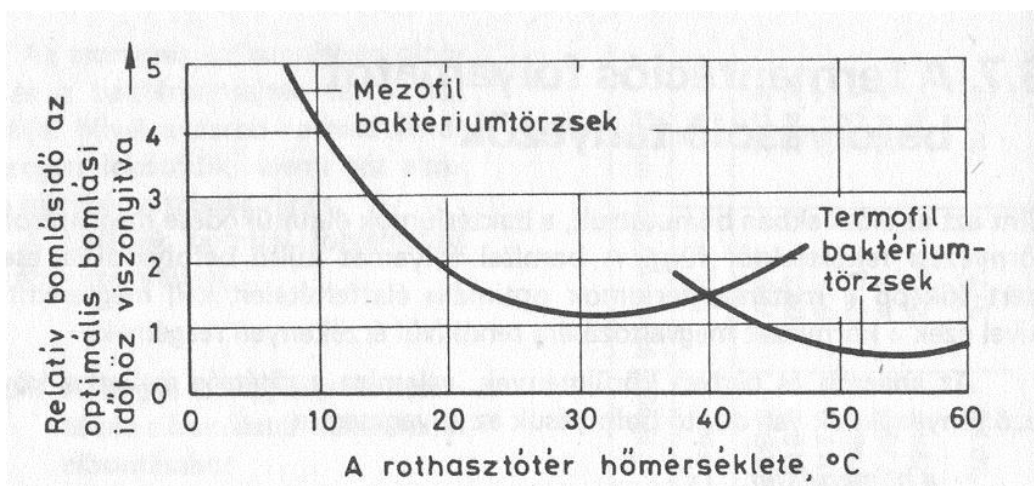
A kellő körültekintéssel indított termofil fermentáció viszont teljesen üzembiztos. Összességében magasabb hőmérsékleten több biogáz nyerhető (4.2. ábra) és környezetvédelmi szempontból is előnyösebb, viszont jelentősebb odafigyelést és ellenőrzést, adott esetben gyors beavatkozást igényel.



4.2. ábra A hőmérséklet hatása az elérhető gázhozamra

Forrás: Kaltwasser, 1983

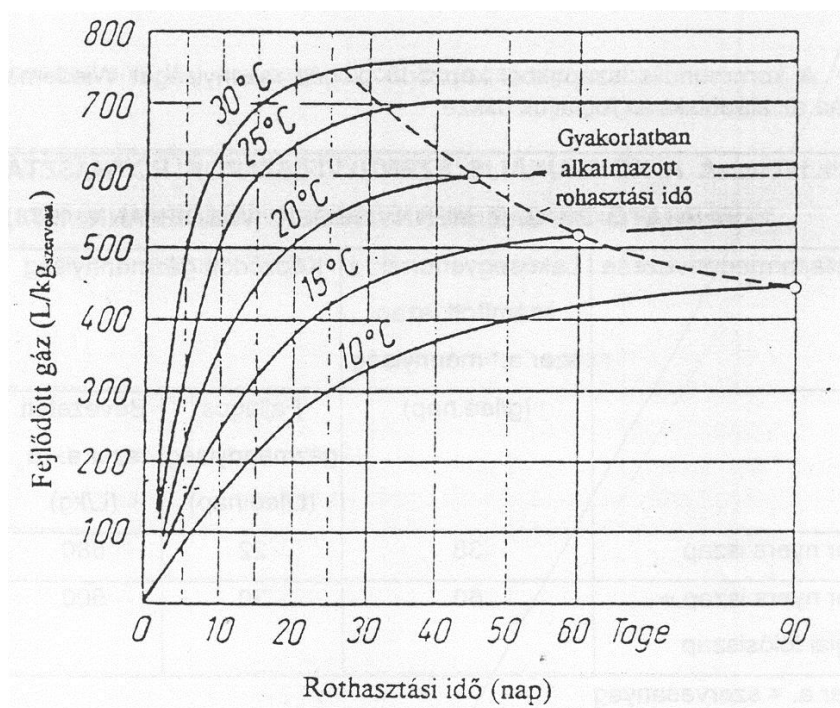
Az erjesztés hőmérséklete a szokásos erjesztési idővel fordított arányban áll (4.3. ábra). Mivel a magasabb hőmérsékleten gyorsabb a baktériumok életműködése, így a lebontás sebessége is, ezért pszichrofil körülmények között legalább 60 nap, mezofil hőmérsékleten 30 nap, termofil esetben pedig 15-20 nap a szokásos erjesztési idő. Mindez összefüggésben áll a szükséges erjesztő nagyságával is, adott alapanyag-mennyiség esetében.



4.3. ábra A hőmérséklet hatása a rothasztási időre

Forrás: Kaltwasser, 1983

A beruházási költségek csökkentésének egyik módja a hőmérséklet emelése (4.4. ábra). Mezofil körülmények között 25-30 napos erjedés után a gáztermelés már nem számottevő.



4.4. ábra A rothasztási idő és hőmérséklet összefüggése

Forrás: EKFM, 1998

A gyakorlat azt mutatja, hogy a degradációs folyamatok során felhalmozódó köztitermékek (szabad savak) hatására a pH-érték savas irányba tolódhat el, ennek hatására a baktériumok működése lelassul. Az elsavanyodási folyamat, savfogyasztó anyagokkal (mésztej, szódaoldat) megállítható és az egyensúly helyreállítható.

A száraz és nedves eljárások főbb jellemzőit a 4.5. táblázata 4.6. táblázat foglalja össze.

4.5. táblázat Biogázreaktorok főbb jellemzői

Megnevezés	Mérték- egység	Mutatószám	
		Mezofil hőmérséklet	Termofil hőmérséklet
Szárazanyag-terhelés	kg/m ³ · d	3-6	6-8
Szervesanyag-terhelés	kg/m ³ · d	2-4	4-5
Erjesztési idő (HRT)	d	20-30	7-15
Szervesanyag-lebontás hatásfoka	%	40-50	70-75
KOI lebontás	%	40-50	60-70
Fajlagos gázhozam	Nm ³ /m ³ · d	0,6-1	3-5
Megjegyzés: d = nap			

Forrás: Fenyvesi-Mátyás, 2002

4.6. táblázat Biogáz-előállítási eljárások összefoglalása

Működési mód szerint (alapanyag be/kitárolása)	folyamatos	folyamatos
	Batch eljárás	szakaszos
	kombinált	folyamatos/szakaszos
Alapanyag szárazanyag-tartalma (%)	félszáraz	15-30 %
	nedves	1-15 %

2.2.3. A szárazanyagtartalom szerinti csoportosítás

A biogázüzem üzemeltetésének célja, hogy minél olcsóbban, minél több és jobb minőségű terméket állítsunk elő, lehetőleg automatizált módon. Alapvetően befolyásoló tényezők:

- Az alapanyag konzisztenciája (szárazanyag-tartalma) befolyásolja az eljárás kiválasztását.
- Az alapanyag mennyisége és minősége, az erjedés hőmérséklete és időtartama megszabja az erjesztő tartály méretét.
- A kényelmesség iránti igény, illetve a rendelkezésünkre álló pénzforrások pedig behatárolják az építőanyagot és a technológiát.

A biogáz előállítására szolgáló eljárások az alapanyag minőségében, betáplálásának módjában és gyakoriságában különböznek. Működési mód és az alapanyag szárazanyag-tartalma szerinti eljárások jellemzőit a 9. táblázat foglalja. A víz szükséges a mikroszervezetek anyagcseréjéhez, ám megszabja az alapanyag továbbíthatóságának módját, ezen keresztül az alkalmazható eljárás típusát és berendezéseit is (4.7. táblázat).

4.7. táblázat Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára

Alapanyag		Javasolt technológia	
minőség	jellemző	megnevezés	jellemző
növényi	nagy szárazanyag-tartalom, kevés mikroorganizmus.	szakaszos erjesztés	nagyobb fajlagos gázkihozatal, jól kezelhető és értékesebb szilárd biotrágya
almos trágya	nagy szervesanyag-tartalom, jelentős mikroba-tartalom, gyommagvak, paraziták.		
kommunális hulladék	kicsi szervesanyag-tartalom, jelentős ballasztanyag		
szennyvíz	kicsi szervesanyag-tartalom, esetleg nehézfém-szennyezés	folyamatos erjesztés	kisebb energiaveszteség a fermentor fűtésénél, egyszerű lecsapolás, újratöltés, nem igényel sátortető-mozgatást, teljes automatizáció lehetősége
hígtrágya	kicsi szervesanyag-tartalom korlátozott felhasználhatóság		

Forrás: Bartha in Barótfi (1993), Bai in Bai et al. (2002)

Nyugat-Európában a folyamatos üzemelésű, egyenletes erjesztést lehetővé tevő, 5-15 % szárazanyagot tartalmazó hígtrágyát feldolgozó biogáztelepek terjedtek el. A hígabb szennyvíz növeli a beruházásigényt és csökkenti a gázhozamot, a nagyobb szárazanyag-tartalom pedig teljesen másfajta, szakaszos üzemelésű technológiát igényel, esetleg felveti a komposztálás lehetőségét is.

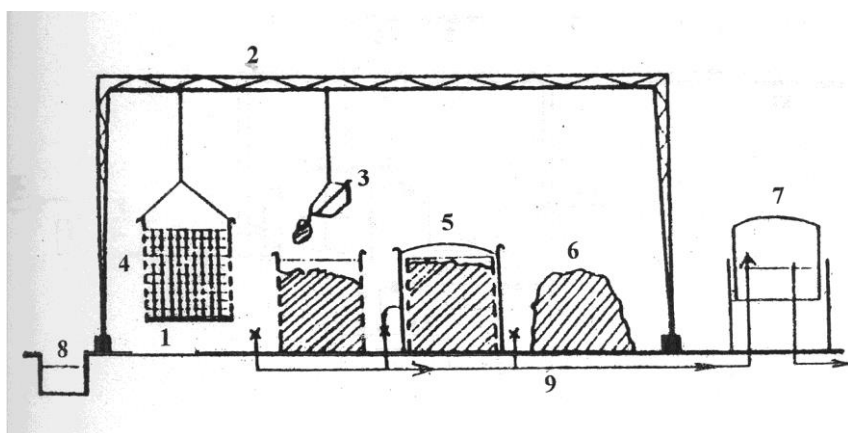
A folyamatos eljárás során a híg konzisztenciájú alapanyagot (hígtrágya, szennyvíziszap) folyamatosan vezetik az erjesztőtérbe, ahonnan egy túlfolyón keresztül azonos mennyiségű, de már kiejert biotrágya távozik a rendszerből. Az előállított biogáz mennyisége állandó összetételű alapanyag esetén nem változik. Előnye az eljárásnak, hogy az alapanyag jól keverhető, könnyen üríthető, tehát jól automatizálható. A kiejert biotrágya viszont nehezebben kezelhető, nagyobb tárolóteret, illetve szeparálást igényel.

A Batch-eljárás jellegzetessége az alapanyag egyszeri betáplálása az erjesztő tartályba. Elsősorban nagy szárazanyag-tartalmú alapanyagok (almos trágya, növényi maradványok) elgázosítására alkalmas. A rothasztótér feltöltése után az erjesztőt lezárják és a fermentáció végén nyitják csak ki a kiejert anyag kivétele és az újbóli feltöltés céljából. Az eljárás előnye, hogy a nagy szárazanyag-tartalom miatt térfogategységre vetítve jóval nagyobb a biogáz-hozam és a szilárd konzisztenciájú biotrágya könnyebben felhasználható a hígtrágyánál. Ugyanakkor a biogáz-előállítás hatékonysága csökkenő, hiszen változik a biotrágya összetétele is, ezért általában hosszabb érlelési idő szükséges a megfelelő gázkihozatalhoz, ami azonban az alapanyag jobb higienizálását is eredményezi.

A feldolgozott alapanyagok átlagos szárazanyag tartalma szerint ugyancsak 3 csoportot lehet megkülönböztetni (7):

- max. 15 % szárazanyag: álló hengeres, teljesen átkevert bioreaktorok (4.5. ábra),
- max. 20 % szárazanyag: fekvő, dugóáramú bioreaktorok (4.6. ábra),
- 30 % szárazanyag felett: száraz fermentáció (4.7. ábra)

4.5. ábra Függőleges erjesztő-állóhengeres	4.6. ábra Csőerjesztő-dugóáramú
Forrás: Kaltwasser, 1983	Forrás: Kaltwasser, 1983



4.7. ábra Száras eljárás berendezései

1. Betonozott fogadótér; 2. Híd-daru; 3. Konténer az almostrágya betárolására; 4. Acélhálós szerkezetű kosár; 5. Hőszigetelt erjesztőharang; 6. Kierjedt almostrágya halom; 7. Gáztároló; 8. Trágyalé gyűjtőakna; 9. Gázvezeték

Forrás: Mátyás, 1984

Álló hengeres, teljes átkeverést alkalmazó bioreaktorok tulajdonságai:

- Méret: fermentorméret 6.000 m³-ig,
- Építés: acélból vagy vasbetonból, talajszint felett vagy részben/egészben talajba süllyesztve építhető,
- Ajánlott: jól keverhető, alacsony vagy közepes szárazanyag-tartalmú alapanyagokhoz.
- Előnyök:
 - kedvező fajlagos beruházási költségek,

- többféle működési forma lehetséges (tároló, átfolyó),
- a technológiai elemek javítása a fermentor üritése nélkül megoldható,
- gázkupola elhelyezése és abban biológiai kéntelenítés megvalósítható.
- talajszint alá is telepíthetők, ami – hidegebb éghajlatú vidékeken – legegyszerűbb és legolcsóbb módszer az erjesztő önfogyasztásának csökkentésére.
- Hátrányok:
 - nagy fermentorméret esetén a hatékony keverés és biztonságos befedés nehezen oldható meg,
 - "rövidzárlati" áramlás kialakulása esetén az alapanyag egy része a lebontáshoz szükségesnél rövidebb idő alatt elhagyja a bioreaktort,
 - kéregképződés és kiüledés veszélye.

Dugóáramú bioreaktorok tulajdonságai:

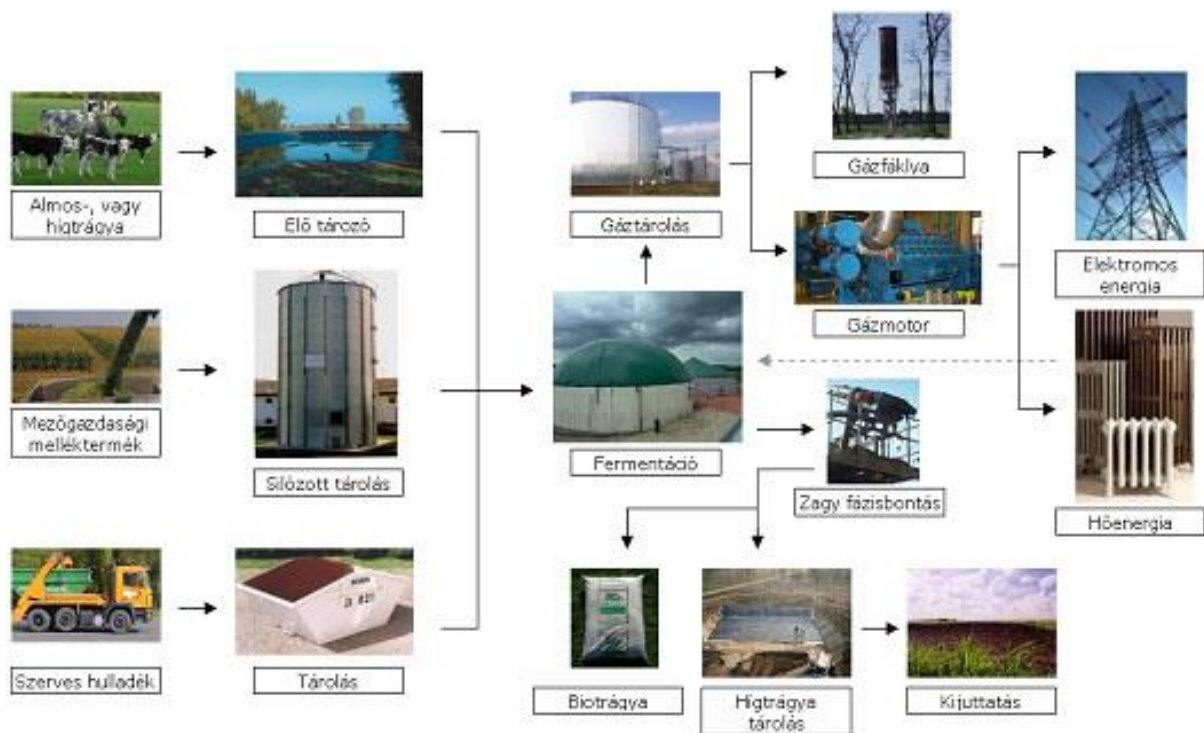
- Méret: 200 - 800 m³,
- Építés: acélból készült fekvő henger (csőfermentor) vagy vasbetonból készül fekvő téglatest,
- Ajánlott: nagy szárazanyag tartalmú alapanyagok (pl. energianövények) feldolgozására,
- Előnyök:
 - hatékony térfogatkihasználás,
 - a lebontási folyamatok lépcsői elkülönülnek az anyagáramban,
 - kéregképződés és kiüledés kialakulása könnyebben megakadályozható,
 - rövidebb tartózkodási idő,
 - hatékony fűtés és keverés
 - alkalmazását a kedvezőtlen (sziklás, talajvizes) talajviszonyok is indokolhatják.
 - általában kisebb tömegű és jól szállítható

- kisgazdaságokban, alacsony komfortigényű tömegtermelésre is alkalmas.
- Hátrányok
 - csak meghatározott méretben gazdaságos,
 - a keverőberendezés meghibásodása esetén a fermentort le kell üríteni,
 - magas fajlagos beruházási költségek.

Száraz fermentáció tulajdonságai:

- Méret: a moduláris kialakítás következtében nincs meghatározott méret,
- Építés: acélból vagy vasbetonból épült téglatest alakú kamrák, konténerek, boxok.
- Ajánlott: könnyen rakodható, magas szárazanyag tartalmú anyagok feldolgozására,
- Előnyök:
 - alacsony villamosenergia-igény a kevés mozgó berendezés miatt,
 - alacsony javítási, kezelési költség,
 - alapanyag fűtése nem szükséges.
- Hátrányok:
 - a technológia kiforratlan, kevés sikeres referencia áll rendelkezésre,
 - szakaszos biogáz termelés,
 - a keverés hiánya miatt az alapanyag egy része nem bomlik le,
 - a robbanásmentes be- és kitároláshoz hatékony biztonsági rendszer szükséges.

Az anaerob erjedés technológiai részfolyamatait a 4.8. ábra mutatja be.



4.8. ábra A biogáz-előállítás teljes technológiai folyamata

Forrás: <http://www.agrener.hu/biogaztermeles.php>

4.2. A biogáz-előállítás és -hasznosítás módjai

A biogáz felhasználását nagymértékben befolyásolja az összetétele is, ezt pedig a kiindulási anyag és a technológia.

4.2.1. Mezőgazdasági telepek biogáza

A gyakorlatban alkalmazott biogáz-technológiák sokfélék, a legmegfelelőbb alkalmazható biogáz-eljárást a helyi lehetőségek és adottságok összessége határozza meg. A fontosabb jellemzők: a rendelkezésre álló, illetve keletkező hulladékok, szennyvizek és hígtrágyák mennyiségi és minőségi jellemzői, az e célra felhasználható tőke mennyisége, stb.

Félszáraz technológia

A félszáraz biogáz-gyártási eljárás a felhasznált alapanyag összetételében tér el a nedves eljárástól. A fermentorba előre tervezett recept alapján összeállított anyagot juttatnak. Az anyag konzisztenciáját különböző mezőgazdasági melléktermékkel, gyakran szalmával állítják be.

A szerves anyagok degradációs határfoka függ még a szerves anyagok minőségétől (bakteriális) jellemzőitől, pl. egyidejűleg fekália, sertés- és marhatrágya lebontása stb. A biológiai degradáció határfoka akár 40%-kal is növelhető a kevert kiindulási hulladékoktól.

A túlnyomóan mezőgazdasági eredetű biogáz-telepek termelését számosállatra (sz.á.) szokás vetíteni. Általában elfogadható, hogy egy számosállat (500 kg testtömegű állat) napi trágyamennyiségéből termelhető energia 0,8 kg tüzelőolajjal egyenlő. A gyakorlatban elérhető szélső értékek: napi 0,2-1,0 kg tüzelőolajnak megfelelő energiatermelés. A számításokban egy szarvasmarha napi trágyatermelését 6,40 kg szerves anyagnak egy sertés napi trágyatermelését 0,51 kg szerves anyagnak vehetjük figyelembe (4.8. táblázat).

4.8. táblázat Egy számos állat által termelt energiatartalom naponta

	Számos- állat	Szerves- trágya (kg/nap)	Szerves-trágya (kg/számos- állat/nap)	Tüzelőolaj energia (kg/számos- állat/nap)	Energiatartalom*(M J/számos- állat/nap)
Szarvasmarha	0,8	6,4	8	0,8	33,6
Sertés	0,114	0,51	4,4	0,8	33,6

* tüzelőolaj fűtőértéke 42 MJ/kg

Forrás: Bai et al., 2007 Barótfi (1998) adatai alapján

Nedves technológia

A nedves biogáz-gyártás alapanyaga általában hígtrágya vagy élelmiszer-ipari szervesanyag-tartalmú folyadék, melyeknek szárazanyag-tartalma 2-8%, és szervesanyag-tartalma 40-60% között van. (Barótfi 1998) Az alapanyagot naponta több alkalommal szivattyúval táplálják be az erjesztő-térbe, ahol az úszókéreg, valamint a leülepedés megakadályozására szakaszos, vagy folyamatos keverést kell biztosítani. Az eljárás gyakorlati megvalósítására többféle megoldás született.

4.2.2. Szennyvíz-telepeken történő biogáznyerés

Az ipari szennyvizek kezelésére ma világszerte több mint 1000 rendszer működik, vagy van építés alatt. Becslések szerint Európában a teljes biogáz produkció 44%-át ipari szennyvizekből állítják elő (8), hazánkban 12 városban alkalmazzák az eljárást.

Az anaerob kezelés igen jelentős beruházást igénylő, de az egyéb szennyvízkezelési eljárásoknál környezetvédelmi szempontból hatékonyabb technológia. Lehetővé teszi – a többi szennyvízkezelési eljáráshoz képest - az üzemeltetés költségeinek csökkentését és a bevételek növelését is, a hő- és villamos energia előállításának köszönhetően. Makrogazdasági szinten a szennyvíziszap metán-kibocsátásának teljes megszűnését és a

nyers szennyvíziszap mennyiségének csökkentését (a biogáz tömegének - a kiejlesztett szennyvíziszap szárazanyag-tartalmától függően - a többszörösét) érhetjük el az alkalmazásával. Megvalósításának előfeltétele a mechanikai tisztítás, ennek eredményeképpen képződik a sűrített iszap, mely azután aerob és/vagy anaerob biológiai módszerekkel tisztítható tovább.

A biogáz-előállításra alkalmas szervesanyag-tartalmú városi szennyvizek össz-mennyiségének 1-1,5 %-át a szennyvíziszap teszi ki. Ennek tisztítására már régóta anaerob rothasztókat is használtak. A biológiai tisztítást is alkalmazó telepeken két fő iszapfajta különböztethető meg: a mechanikailag már igen, de biológiailag még nem tisztított nyers (primer) iszap és a biológiai tisztításba vissza nem vezetett fölös eleveniszap. A gyakorlatban a fölösiszap nagy részét az előülepítőbe vezetik vissza és innen kerül a nyers- és a fölösiszap keveréke (az ún. friss iszap) az iszapsűrítőbe, majd innen szivattyúval a rothasztó tornyokba. A szennyvíztelepre beérkező alapanyag általában négy részből tevődik össze: kommunális -, szippantott- és ipari szennyvíz, valamint csapadékvíz. Egy lakos általában 0,2-0,3 m³/nap szennyvizet „termel” naponta. A legmodernebb technológiákban rácsszűrőkkel először eltávolítják a nagyobb szennyeződések az uszadék-kéreg képződésének megelőzése céljából, mely rontja a keverés, a biogáz-képződés hatásfokát és eltömődéseket okozhat. Majd flotációs sűrítéssel eltávolítják a fölösleges iszapvizet, mellyel csökkentik a szükséges erjesztő nagyságát és az alapanyag felmelegítésének energia-szükségletét.

Ezt követően anaerob erjesztéssel nagymértékben csökkentik a szennyvíz kémiai és biológiai oxigénigényét. Végül egy aerob, eleveniszapos kezelés fejezi be a szennyvíz tisztítását.

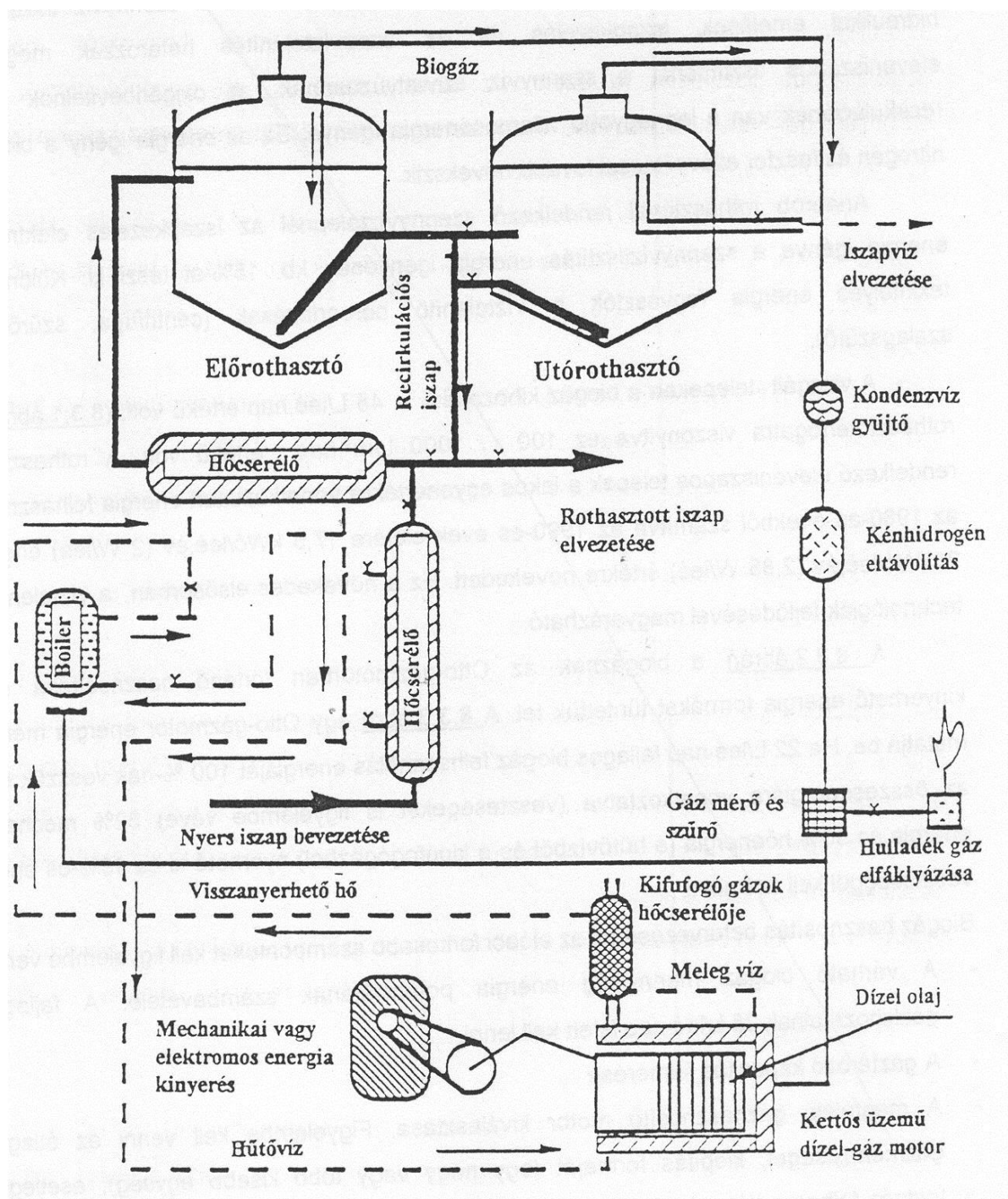
Az anaerob eljárás beiktatása annak elhagyásához képest 80-90 W/m³ energia megtakarításával jár, különösen alkalmas a tömény élelmiszeripari szennyvizek ártalmatlanítására és ennek során képződik a biogáz is. A gázhasznosítás elvi folyamatát a 4.9. ábra mutatja be.

A biogázt többnyire a biogáztelep és a rothasztók fűtésére, távfűtésre, gázmotorok hajtására és tiszta metán kinyerésére használják fel. A rothasztók önfogyasztása 30-40 %-ra tehető, ezt és a telep fűtéséhez szükséges hőenergiát általában a villamos áram előállításakor képződő hulladékhő biztosítja. Kisebb kapacitás esetén vegyes (földgáz-biogáz) tüzelésű Ottó-motor használata célszerű, de 1 MW elektromos teljesítmény indokoltá teheti a gázturbinák használatát is. Átlagos esetben a biogáz-termelés eléri a 0,04 m³/nap/lakosegyenértéket.

A fejlettnak tekinthető technológiák a következő elvárásokat teljesítik:

- Fajlagos biogáz-kihozatal: min. 25 l/nap/LEÉ
- Beépített teljesítmény: min. 50 kW
- Gázmotor kihasználása: min. 6000 óra/év
- Szennyvíztisztító energiaigénye: cca. 2,5 W/LEÉ (ma hazánkban: 4 W/LEÉ jellemző)

- Alternatív földgázüzem, megfelelő tárolókapacitás.



4.9. ábra A biogázhasznosítás elvi folyamata

Jövőbeni fejlesztési lehetőségek:

- A települési szennyvíziszap és a nagy szervesanyag-tartalmú élelmiszeripari melléktermékek (pl. glikol) együttes kezelése, a biogáz metántartalmának növelése érdekében.
- A kierjesztett szennyvíziszap értékesítése mezőgazdasági cégeknek, vagy komposztálásra (pl. Debrecenben: 1300 Ft/m³, illetve 530 Ft/m³, EKFM, 1998).
- Korszerű és megfelelő kapacitásúra tervezett technológiai berendezésekkel a villamosáram-szükséglet csökkentése.
- Az elő- és utórohasztó közötti recirkulációval jobb vízleadás, jobb keveredés elérése, mely a gáztermelés növekedésével és a fermentor jobb kihasználásával jár.
- A fermentor szigetelésével és a kapacitás növelésével a rendszer önfogyasztásának (30-60 %) csökkentése.
- Közepes- és nagyméretű telepeken kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (különösen, ha már eleve létezik a biogáz-termelő rendszer), kisebb kapacitásnál (20-30 ezer lakosegyenérték alatt) pedig kizárólag melegvíz-előállítás megvalósítása.

4.2.3. Depóniagáznyerés technológiája

A viszonylag kis beruházási és üzemeltetési költségekkel járó megoldás, a véglegesen lerakott szerves hulladékok hasznosítására, emellett ez az egyetlen lehetséges megoldás. Az eljárás feltétele a megfelelő technológiával kialakított rendezett lerakóhely. Nő a gázkihozatal, ha a szilárd hulladékkal együtt iszapszerű maradékok is elhelyezésre kerülnek.

A hulladék lerakása utáni hónapokban, az inkubációs periódusban elszaporodnak az anaerob baktériumok, a hőmérséklet 60-65°C-ra emelkedik. A magasabb hőmérséklet ártalmatlanítja a patogén, kórokozó baktériumokat. A hőmérsékleti maximum elérése után a hőmérséklet fokozatosan csökken, és kb. hat hónap elteltével a környezeti hőmérsékletnél magasabb szinten állandósul. Ezzel egyidejűleg a gáztermelés is megindul.

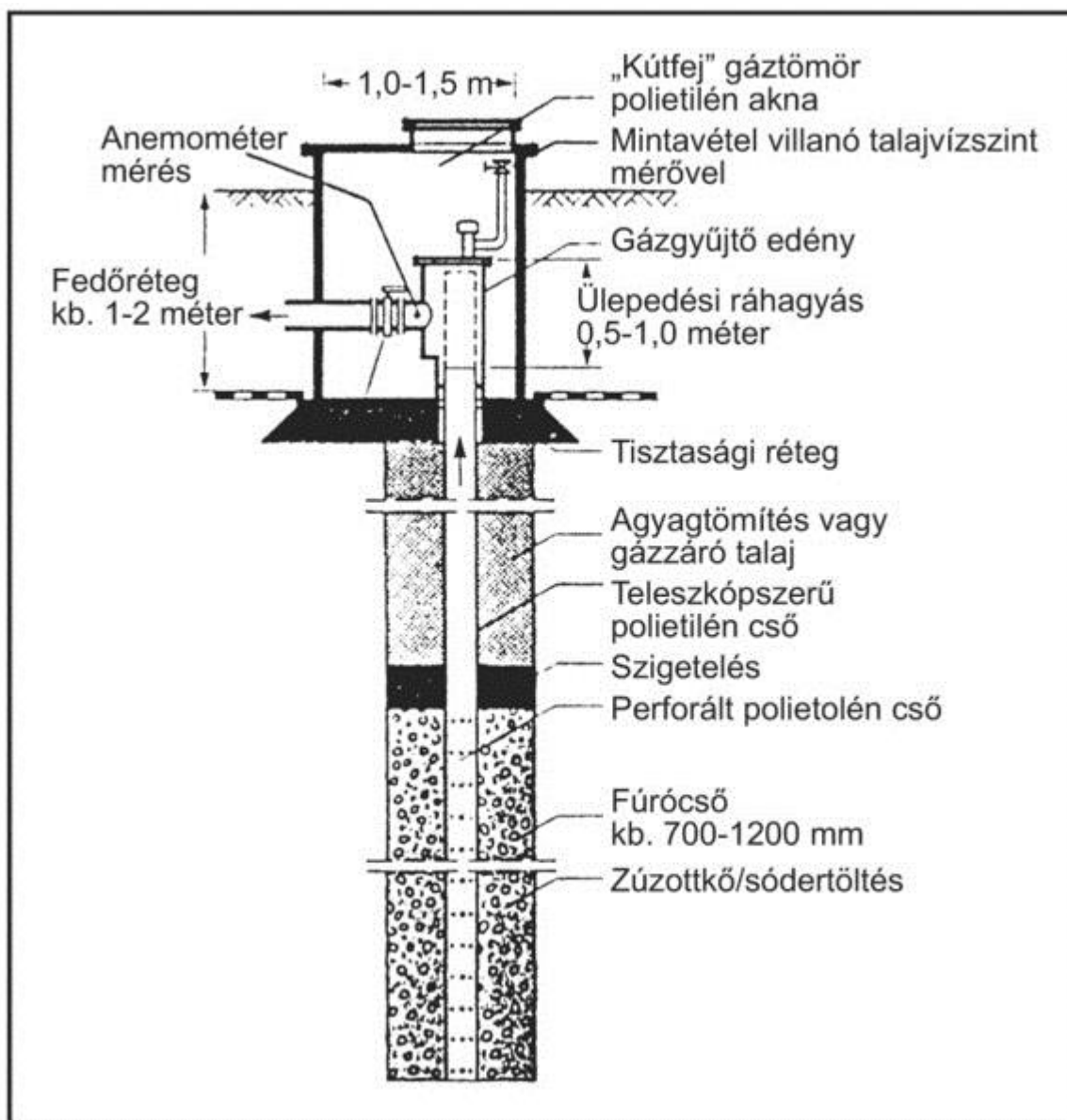
Még 50-70 év múlva is keletkezik biogáz, azonban az európai tapasztalatok szerint 15-20 évig érdemes a keletkező biogázt hasznosítani. Gáz természetesen tovább is keletkezik, a mennyisége azonban lecsökken.

A gázkinyerés alapján megkülönböztetünk passzív és aktív rendszereket, aszerint, hogy a gáz saját nyomása következtében lép be a gázgyűjtő kutakba (passzív), vagy a gáz összegyűjtésére megszívást alkalmaznak (aktív).

A hulladék hasznosítása érdekében a lerakott anyagot 6-8 m magasságú, prizma formájú, trapéz keresztmetszetű hálózatokból célszerű felépíteni. A koronasíkon közlekedhetnek az ürítőgépek, melyek egyben a tömörítést is elvégzik. A szabad felületeket folyamatosan takarni kell az anaerob viszonyok megteremtése, a robbanásveszély elkerülése és a kellemetlen szagok csökkentése érdekében.

A gáz kinyerésére alkalmazott függőleges kutakat a mezők befedése után, egymástól 20-70 m-re építik, a levegő-beszívás megakadályozása miatt külön szigeteléssel. A vízszintes elrendezésű, perforált gázgyűjtő-csőveket a szemétlerakással egy időben kell elvégezni. A gáz kinyerése mezőnként történhet, a gázhozam fokozása érdekében kompresszoros elszívással. A lerakás után mintegy fél esztendővel indul be a depóniagáz elterjedése, addig tart az anaerob baktériumoknak megfelelő környezeti feltételek kialakulása. A prizmák nyári kiszáradása a levegő beáramlása miatt, a depóniagáz kitermelésének hosszabb szüneteltetése pedig a mező elsavanyodása miatt a gáztermelő képesség csökkenésével jár.

A gyakorlatban a hatásfok növelése céljából, kombinált – függőleges és vízszintes – elrendezésű gázkutakat is alkalmaznak. A gázkút felépítését a 4.10. ábra mutatja be.



4.10. ábra A gázhasznosítás elvi vázlata

Forrás: EKFM Kft, 1998

A telepek depóniagáz-hozama átlagos esetben 1 m³/h/1000 m³ hulladék értékkel becsülhető . A gáztermelés növelhető a szelektív hulladékgyűjtéssel, illetve iszap elhelyezéssel. A folyamatos gázfelhasználás lehetőségeinek megteremtésével (kogeneráció, üvegház, távfűtés, földgáz-hálózat, gépjármű-hajtóanyag), illetve hatályos céltámogatással a felhasználás lehetőségei tovább javíthatók.

4.2.4. Biogáztisztítási eljárások

A biogáztisztítás alapfolyamatai

A gáztisztítási folyamatoknál több alapvető fizikai mechanizmust használnak a gáz alkotórészek szelektív elválasztása érdekében.

A mechanizmusok:

- fizikai abszorpció folyadékokban (oldás),
- kémiai abszorpció folyadékokban,
- fizikai abszorpció szilárd anyagon,
- kémiai átalakítás más vegyületté,
- membrános szétválasztás,
- kondenzálás.

A **fizikai abszorpció** folyadékokban során egy folyékony oldószerben oldjuk a gázt. A fizikai abszorpcióhoz alkalmazott oldószer alacsony gőznyomású kell hogy legyen, így csökkenteni lehet a párolgás miatti oldószer veszteséget. Az oldószer nagy oldékonysággal kell bírjon az eltávolítandó gázokkal, (pl. CO_2 , H_2S) és alacsony oldékonysággal a primer szénhidrogénekkel szemben. Kis viszkozitású folyadékoknál csökken a szükséges szivattyúzási munka. A CO_2 és H_2S savas gáz természete miatt ezek az oldatok - különösen magasabb hőmérsékleten - korrozív jellegűek lehetnek.

A **kémiai abszorpció** folyadékokban feltételezi, hogy az oldott anyag és az oldószer között reverzibilis kémiai kötések jönnek létre. Az oldószer regenerálása szükségessé teszi ezen kötések felszakítását és ennek megfelelően viszonylag magas energetikai bevitelt igényel.

A kémiai oldószerként általában aminok, vagy alkálisók vizes oldatát használják. A kénhidrogén az oldószer regenerálása közben felszabadul. Ezen vegyületek alkalmazásának előnye, az alacsony vegyszerköltség és azok jól oldódnak vízben és illékonyságuk alacsony. A koncentrált amin oldatok meglehetősen korrozívek, ezért koncentrációjukat korlátozni kell. A kémiai abszorpciós folyamatokban használt alkálisók erős lúgok és gyenge savak sói. A káliumkarbonátot gyakrabban használják, mint a nátriumkarbonátot nagyobb vízzoldhatósága és a széndioxiddal szembeni nagyobb reakciósebessége miatt.

A **fizikai abszorpció**s eljárásoknál egy szilárd anyag bizonyos vegyületekkel szembeni kivételes adszorpciós jellemzőit használják ki. Mivel az adszorpció felületi jelenség, az adszorbens nagy fajlagos felülettel kell rendelkezzen. A gáztisztító műveleteknél szokásosan használt adszorbensek; aktivált szén, alumíniumoxid, szilíciumoxid és szilikátok. Az adszorbenseket gyakran használják dehidratáláshoz és ezen túlmenően, a molekuláris szűrők használhatók a CO_2 és H_2S egyidejű eltávolítására is.

Az eljárások előnye, hogy az üzemeltetés és a rendszer-felépítés egyszerű, viszonylag kis gázmennyiségek kezelésére is alkalmasak, amelyek a biogázok esetében is előfordulhatnak. Az eljárás hátránya az adszorbensek magas ára és a regeneráló szakaszban elkerülhetetlen metán-veszteség. A rendszerben lényeges lehet a nyomásesés is. Annak ellenére, hogy korróziós probléma nincs, az adszorbenst 3-7 év alatt ki kell cserélni.

Kémiai átalakító alkalmazására hatunk rendszerint akkor kerül sor, amikor a szennyező anyagok nagy részét más módszerekkel már eltávolítottuk. Egy ilyen kémiai átalakítás a metánosítás, amelynek során a széndioxidot és hidrogént katalikusan metánná és vízzé alakítjuk át. A kémiai átalakítási eljárások költségesek, ezért a biogáznál használatuk nem célszerű.

A **membrános szeparálással** végzett gázeltávolítás feltételezi, hogy egyes vegyületek szelektíven áthatolnak egy membránon. A folyamatot elősegített szállítással, vagy diffuzív szállítással lehet végrehajtani. Az elősegített szállításnál egy hordozót használnak, amely elősegíti a diffúziót a membrán egyik oldalán, azáltal, hogy a diffuzív egyedeket gyengén megkötik és a membrán ellenkező felületén, ahol a koncentráció kisebb, elengedik őket. A diffúziós szállításnál az anyag egyszerűen átdiffundál, és az első felületen kidiffundál. Egy gáz membrán átjárhatósága a gáznak membrán anyagában való oldhatóságától és diffúziós képességétől függ. Amíg egy gáz egy membránon keresztüli diffúziós képessége általában a molekula súlyától függ, az oldhatóságok nagyon változóak és ez nagy eltéréseket okoz a átjárhatóságban. A permeabilitási (átjárhatósági) különbségek képezik az alapját a membrán-szeparációs eljárásoknak.

A **kondenzálásnál** a gázfázis folyadékfázissá alakul át, ezt hűtéssel vagy sűrítéssel, vagy a kettő kombinálásával lehet elérni. Habár fizikailag lehetséges a CO₂ és H₂S kondenzálással való eltávolítása, a magas költségek miatt a biogáz esetében gyakorlatilag nem kerülhet szóba.

Biogáztisztítási technológiák

A 4.9. táblázat azokat a fontosabb gázeltávolítási eljárásokat foglalja össze, amelyeket már alkalmaznak, vagy potenciálisan ígéretesek a biogázok kezelésére és a 2. pontban ismertetett mechanizmusokon alapulnak.

4.9. táblázat A biogáztisztítási eljárások jellemzői

Megnevezés	eltávolítandó gáz	Extraháló közeg	A gázeltávolítás mechanizmusa	Jellemzők
Vizes mosás	CO ₂ és H ₂ O	víz	fizikai abszorpció	egyszerű, olcsó oldószer, nincs hőigény, stabil, nagy szivattyúterhelés
Fluor Solvent	CO ₂ , H ₂ S és H ₂ O	propilénkarbonát	fizikai abszorpció	Hőigény nincs, nem korrozív, a nyomás csökkentés alacsony hőmérsékletű
Purisol	CO ₂ , H ₂ S és H ₂ O	NMP (N-metil-2-pirrolidon, szerves oldószer)	fizikai abszorpció	nem korrozív, stabil, a dehidratáláshoz hő adagolás szükséges
Rectisol	CO ₂ , H ₂ S és H ₂ O	metanol	fizikai abszorpció	nem korrozív, stabil, komplex áramlási séma, esetenként hőadagolás szükséges, hűtést igénylő alacsony hőmérsékletű üzemelés.
Benfield	CO ₂ , H ₂ S	K ₂ CO ₃	kémiai abszorpció	az abszorpció és regenerálás magas hőmérsékleten történik, korrozív oldószer, hőadagolás.
Sulfinol	CO ₂ , H ₂ S	NMP (N-metil-2-pirrolidon, szerves oldószer)	kémiai és fizikai abszorpció	a többi aminhoz viszonyítva nagyobb abszorpciós kapacitás, és kisebb keringési sebességek, gyenge korrozio, stabil, esetenként hő adagolás szükséges.
Membrános szeparálás	CO ₂ , H ₂ S	membrán	membrános szeparálás	jó, de drága megoldás
Molekuláris szűrők	CO ₂ , H ₂ S és H ₂ O	molekuláris szűrő	fizikai abszorpció	Kis koncentrációknál nagy abszorpciós kapacitás, egyszerű üzemeltetés, szennyeződésre (mérgek) érzékeny, esetenként szükséges a hőközlés, viszonylag alacsony visszanyerés.
Vasoxid	H ₂ S	Fe ₂ O ₃	kémiai átalakítás	széles áramlási sebesség tartományban alkalmazható, a szelektív H ₂ S eltávolítás viszonylag olcsó eszköze, jelentős munkaerőigény.
Biológiai kénmentesítés	H ₂ S	kénhidrogén mikroorganizmusok	mikroorganizmusokkal végzett kénhidrogén oxidáció	környezetbarát, új eljárás

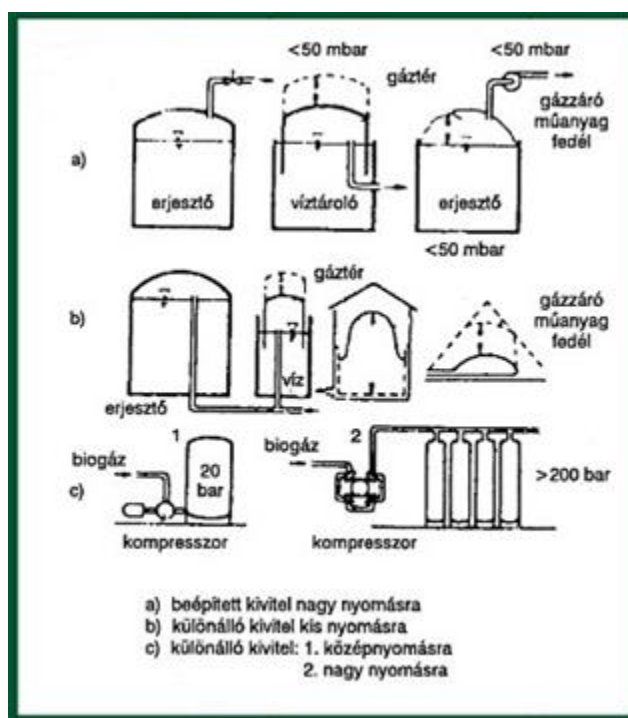
Forrás: Hódi (2006)

4.2.5. A biogáz tárolása

A biogáztárolók lehetnek száraz vagy nedves tározók. A nedves vízzárás vagy biotrágyalében mozgó biogáz-tároló a biogáz üzemhez szükséges nyomást leterheléssel és vízzárral oldották meg, a száraz gáztárolónál a lencseszerű zárt edényre helyezett méretezett leterhelő-lemez súlyereje biztosítja.

A tárolók a biogáz-, biotrágya-előállító berendezések egyik legköltségesebb része térfogatukat a várható fogyasztáshoz kell méretezni. A biogáz-tárolók, a gázfogyasztás egyenlőtlenségeit hivatottak kiegyenlíteni, és gyakran csak nagy méretekkel valósíthatók meg. A biogáz-tároló a biogáz-, biotrágya-előállító eljárás üzemeltetési költségében 15-20% nagyságrendű.

A biogáz-tárolók élettartama anyaguktól és karbantartásuktól függ. Ismereteseek 40 évnél régebben épült, ma is működő acélból készült gáztárolók. A műanyag gázzáró textiliákból készült gáztárolók az alacsony hőmérsékletre, ill. az ibolyántúli sugarak hatására érzékenyek. Ezek ellen megfelelő burkolattal védekezni lehet, amit az amúgy is szükséges vázszerkezetre lehet ráépíteni. A gáztárolók kialakításának néhány lehetőségét a 4.11. ábra mutatja be.



4.11. ábra Gáztárolók biogázhoz

Forrás: Barótfi, (1998)

A gáztároló nagysága egy biogáz erjesztőben a gáztermelés nagyságától és a fogyasztástól függ, ezért azt minden üzemnél külön kell meghatározni. A tároló térfogatát biogázból fejlesztett hő esetén egy napi gáztermék, míg áramtermelés esetén, amennyiben az áramfejlesztő aggregátor éjjel-nappal teljes üzemben dolgozik, egynapi gázmennyiség 20-50%-ának megfelelően kell megválasztani. A biogáztárolókat

elsősorban az építési mód, méret, valamint az üzemi nyomás szerint különböztetjük meg (4.10. táblázat).

4.10. táblázat Gáztárolók csoportosítása nyomástartomány szerint

Nyomástartomány	üzemi nyomás			szokásos méret m ³	kivitelezés
	mbar	mm vízoszlop	bar		
Kis nyomás	20-50	200-500		5-200	vízcsészés gazométer
	0,05-0,5	0,5-5		10-2000	fóliasátras tartály
Közép nyomás			5-20	1-100	acél nyomótartály
Nagy nyomás			200-300	0,1-0,5	acélpalack

Forrás: Schulz-Eder(2005)

4.3. A biogáz gazdasági értékelése. Üzemtervezés

A biogáz hasznosításának lehetősége megegyezik a földgáz felhasználásával és arra kell törekedni, hogy a felhasználás alkalmazkodni tudjon a biogáz-termelés ritmusához. Célszerű olyan felhasználási módot választani, amely nem igényel költséges gázfeldolgozást.

Hasznosítási módok:

- Fűtési célú felhasználás
- Melegvíz szolgáltatás
- Lakások fűtése
- Istállók fűtése
- Terményszárítás
- Kapcsolt villamosenergia-termelés
- Bioüzemanyag és 'bioföldgáz'

4.3.1. Fűtési célú felhasználás

A gáz összetétele és alacsony fűtőértéke miatt a szokásos tüzelőberendezéseket alkalmassá kell tenni biogáz felhasználására, ami erre alkalmas égők használatát jelenti.

A keletkező hőenergiát fűtésre, ritkább esetben technológiákhoz használják fel. A hő elvezetésére vagy gáz formában történő elvezetésre távvezetéseket kell építeni. A gazdaságosság szempontjából meghatározó, ha a telephely közelében megfelelő nagyságrendű fogyasztó van, ill. gazdaságosan telepíthető a hőenergiát felhasználó fogyasztói technológia-rendszer.

4.3.2. Melegvíz-szolgáltatás biogázzal

Központi melegvíz-szolgáltatásnál a melegvíz-használat átlagosan 17%-kal nagyobb. Az energiaszükségletet különböző esetekben a 4.11. táblázat mutatja be.

4.11. táblázat Melegvíz-szolgáltatás energiaszükséglete

	Központi melegvíz-szolgáltatás energiaszükséglete (MJ/év/fő)	Egyedi melegvíz-szolgáltatás energiaszükséglete (MJ/év/fő)
Felnőtt	5225	4337
Gyerek	2670	2216

Forrás: Barótfi (1998)

Magyarországon földgázzal (átlagos energiatartalom 34 MJ/m³) az előző szám adatok és a támogatás nélküli lakossági ár (2007) esetén kiszámítható a melegvíz-szolgáltatás költsége (4.12. táblázat).

4.12. táblázat A melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költségigénye földgáz esetén

	Központi melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költsége (Ft/év/fő)	Egyedi melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költsége (Ft/év/fő)
Felnőtt	12 503	10 378,44
Gyerek	6 389,31	5 303,89

Forrás: Bai et al., 2007, MEH(2007) és Barótfi (1998) adatai alapján

Földgáz esetén a lakossági elszámolási ár (2007) 2,393 Ft/MJ volt. Biogáz esetében az elszámolási ár kalkulálásának lehetséges módjai:

A 2.1 fejezetben bemutatottak szerint a biogáz ár a földgázbázison meghatározott energiatartalom alapján korrigált ár 80-90 %-ával számolva a kedvezőbb, vagy egyenértékű gazdaságossági feltételek megteremtésének érdekében.

Elszámolás a biogáz előállítás folyamán felmerülő költségek alapján az önköltségi ár meghatározása, ami üzemként eltérő.

Elszámolás a biogáz energiatartalma alapján, ami nem csak üzemtől, hanem évszaktól stb.-től is változhat emiatt érdemes a biogázt évszaktól függően többször bevizsgáltatni és egy átlagértékkel számolni a továbbiakban. Mezőgazdasági telep esetén. az energiatartalom a földgázéhoz képest annak 65-50%-a ami javítható a biogáz tisztításával.

Az első és a harmadik variációra alapozott biogázra melegvíz-szolgáltatás költségét a 4.13. táblázat mutatja be.

4.13. táblázat A melegvíz szolgáltatás energiaszükségletének költségigénye biogáz esetén korrigált árral, illetve átlagértékkel

	Központi melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költsége (Ft/év/fő)		Központi melegvíz-szolgáltatás energiaszükségletének költsége (Ft/év/fő)	
	Korrigált árral *	Biogáz energiatartalma alapján **	Korrigált árral *	Biogáz energiatartalma alapján **
Felnőtt	10 003	6 252	8 303	5 189
Gyerek	5 111	3 195	4 242	2 651

* földgázbázison meghatározott energiatartalom alapján korrigált ár 80%-ával számolt értékek

**17 MJ/m³ energiatartalmú biogáznál a földgáz energiatartalomra vetített árából kiindulva kalkulált értékek

Forrás: Bai et al., 2007, MEH(2007) és Barótfi (1998)adatai alapján

4.3.3. Lakások fűtése biogázzal

A lakóépületek fűtéséhez szükséges energia a hőszigetelés mértékétől és a beépített nyílászáróktól függ. Hőszigetelés szerint a lakóépületek 3 osztályba sorolhatók (4.14. táblázat).

4.14. táblázat Lakóépületek hőszigetelés szerinti osztályba sorolása

Osztály	Jelleg	Hőátbocsátási tényező (W/m ²)
I.	korszerűen hőszigetelt épület	116
II.	szokásosan hőszigetelt épület	128
III.	régi, csekély hőszigetelésű épület	191

A típusháztartások és -családok által lakott épületek hagyományos gázkazánokkal való központi fűtésének energia- és biogáz-szükségletét a 4.15. táblázat foglalja össze (meleg vizes központi fűtés, gáztüzeléssel)

4.15. táblázat: Fűtés biogáz-szükséglete

Épület hőszigetelési fokozata	Típus-család lakásfűtésének							
	energiaszükséglete (MJ/év)				biogáz-szükséglete (Nm ³ /év)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Jó	102 655	123 185	153 980	205 310	4666	5600	6700	9332
Átlagos	112 710	135 255	169 070	225 420	5123	6148	7635	10247
Csekély	185 620	222 740	278 425	331 235	8437	10150	12656	16874

Forrás: Barótfi (1998)

4.3.4. Istállók fűtése

Az állattartásnál az istállók mesterséges szellőztetésének jelentős a villamosenergia igénye. A kisebb állatok számára az istállók téli fűtésére is szükség van.

Baromfinál a téli időszakban, jércénél és tojótyúknál átlagosan 10°C külső és +18°C belső hőmérséklet mellett, 0,49 m³/h levegőcserénél a biogáz szükségletet és annak költségét a 4.16. táblázat foglalja össze.

4.16. táblázat 1000db baromfi istálló biogáz szükséglete és költsége¹.

	Nm ³ /h	Nm ³ /nap	Ft/Nm ³ 2	Ft/nap
1000 db baromfi	1,2	29	63,757	1848,953

¹ tkülső = 10 °C, tbelső = 18 °C, levegőcsere 0,49 m³/h

² a földgáz energiatartalom alapján korrigált ár 80%-a (2,344 Ft/MJ 2007 01-04 átlagáron számolva)

Forrás: Bai et al., 2007, MEH(2007) és Barótfi (1998)adatai alapján

Sertésnél a kocaszállást, ill. a nevelőépületeket fűtik. Kocaszálláson a 200 kg átlagtömegű kocáknál 10°C külső hőmérsékleten 60 napig tartó fűtésnél a fajlagos hőszükséglet 1950 MJ/számosállat/60nap, ami 1,8 Nm³/számosállat/nap biogáz-igényt jelent (1 koca = 0,4 számosállat) (4.17. táblázat).

4.17. táblázat Sertésnél egy számos állatra eső istálló fűtésének biogáz szükséglete és költsége.

	MJ/60 nap	Nm ³ /nap	Ft/Nm ³ *	Ft/nap
1 számosállat	1950	1,8	63,757	114,763

* a földgáz energiatartalom alapján korrigált ár 80%-a (2,16 Ft/MJ 2006 átlagáron számolva)

Forrás: Bai et al. 2007, MEH(2007) és Barótfi (1998)adatai alapján

Tehát egy 1000 kocás telepen a 60 napos fűtési költség biogáz esetén a fent említett paraméterek mellett 2 538 000 Ft lehet számolni.

Az istállók korszerű energiatakarékos fűtési lehetősége az infravörös hősugárzó, amit a kismalacoknál, ill. a csibéknél és más baromfiaknál közvetlenül a keltetés utáni időszakban alkalmaznak. Az infravörös hősugárzók megfelelő fűvókákkal biogázzal is működtethetők. Alkalmazásuk feltétele, hogy a távozó gáz szén-monoxidtól mentes legyen, valamint közel állandó minőségű gázzal kell üzemeltetni. Változó gázminőség miatt gyakran elalszik a láng, illetve a korróziós károk jelentkezhetnek.

4.3.5. Terményszárítás biogázzal

A mezőgazdaságban a maximális energiaigény a különböző termények, pl kukorica, szárításánál jelentkeznek. A meglévő terményszárítók, amelyek rendszerint tüzelőolaj vagy földgáz elégetésével állítják elő a szárításhoz szükséges hőt, átalakíthatók biogáz-üzemre. A biogáz nagy előnye, hogy a biogáz elégetése során szennyező anyagokat nem termel, csak szén-dioxidot és vizgőzt ad le. A melegítés hatásfoka kb. 20%-kal javulhat az olajtüzeléshez képest. (Barótfi 1998)

A zöldségtermesztés forrólevegős szárítóinak teljesítménymutatóit, energiaszükségletét és biogáz-felhasználási adatait a 4.18. táblázat foglalja össze.

4.18. táblázat Zöldtakarmány-szárítás biogázigénye

Vízelpá- rologtatás (t/h)	Tömegáram (t/h)		Biogáz-szükséglet (Nm ³ /nap)	
	Firss áru	Szárított áru		
	80% nedvesség- tartalommal	14% nedvesség- tartalommal	10 h/nap szárítási idő esetén	20 h/nap szárítási idő esetén
2,7	2,31	0,72	4050	9750

Forrás: Barótfi (1998)

A gabona szárításához szükséges energia- és biogáz-igényt, földgáz árat, kb. 4%-os nedvességelvonás mellett a 4.19. táblázatban láthatjuk.

4.19. táblázat A búzaszárítás biogáz igénye és költsége

Szárítandó anyag (t/h)	Energiaigény (MJ/h)	Biogáz szükséglet (Nm ³ /h)	Ft/Nm ³	Ft/h
0,5	24	110	63,757	7013,27
1	49	220	63,757	14026,54
2	98	450	63,757	28690,65
3	146	660	63,757	42079,62

Forrás: Barótfi (1998), Bai et al., 2007

4.3.6. Kapcsolt villamosenergia-termelés

A biogáz gázmotorral generátort meghajtva villamosenergia állítható elő, és a keletkező hulladékhő fűtésre használható. A hatásfok 85% vagy ennél több. Mivel az elektromos energia gazdaságosan nem tárolható, vagy csak annyi áramot termelünk, amennyi a saját célra felhasználható (szigetüzem), vagy a maximumot és a felesleget bevezetjük az elektromos hálózatba.

Az áramtermelés lehet:

Szükségletközpontú termelésnél az áramtermelés az igények szerint történik, azaz ha több energiára van szükség, akkor többet termelnek.

Egyenletes termelésnél a motor éjjel-nappal üzemel, azonos terheléssel. A motor teljesítményét a gázbevezetés mennyiségével lehet szabályozni úgy, hogy a keletkező gáz nagy részét hasznosítsa és keveset tároljon.

Mindkét esetben a biogáz üzemanyagként szolgál egy belső égésű motorhoz, amely egy áramtermelő generátor hajtásával egy vagy háromfázisú váltakozó áramot állít elő. A motor hűtéséből származó hulladékhőt és a kipufogógázt fűtésre lehet használni. Ez a hatásfok szempontjából legnagyobb jelentőségű hasznosítás.

A biogázzal történő áramtermelésnél használt belsőégésű motornak a következő követelményeknek kell megfelelni:

- Kedvező ár.
- Hosszú élettartam.
- Jó mechanikai hatásfok terhelésnél.
- Gyors pótalkatrész-ellátás, közeli szakműhely.
- Alacsony zajszint és kipufogógáz-kibocsátás.
- Nagy kenőolajkészlet és ritka olajcsere igény.
- Folyadékűtés a hűtőközeg-hasznosításhoz.
- A biogázban található nedvességre és nyomanyagokra ne legyen érzékeny.

A gyártók a gyári adat szerinti fűtőértékű biogáznak megfelelően szállítják le a motort, alacsonyabb fűtőértékű biogáz (általában depóniagáz) esetén a fűtőérték földgáz hozzákeverésével javítható. Az előző felsorolás alapján a 4.20. táblázatban láthatóak a különböző gázmotorok tulajdonságai.

4.20. táblázat Biogázhoz használt különböző motorok és égetési eljárások.

Motortípusok és égési módok			
Megnevezés	Benzinmotor (gázüzemű-Otto- működésű)	Dieselmotor (gázüzemű-Otto- működésű)	Dieselmotor gyújtósugaras működés
Ár	alacsony	nagyon magas	magas
Hatásfok	25-20%	30-35%	25-35%
Élettartam	rövid	közepes	közepes
Zajkibocsátás	közepes	erős	erős
Kipufogógáz koromtartalma			van
Karbantartás	drága	csekély	drága
Gyújtóolaj-szükséglet			10-30%
Biogázhiány esetén helyettesítő tüzelőanyag	folyékony gáz	folyékony gáz	fűtőolaj, dízelolaj

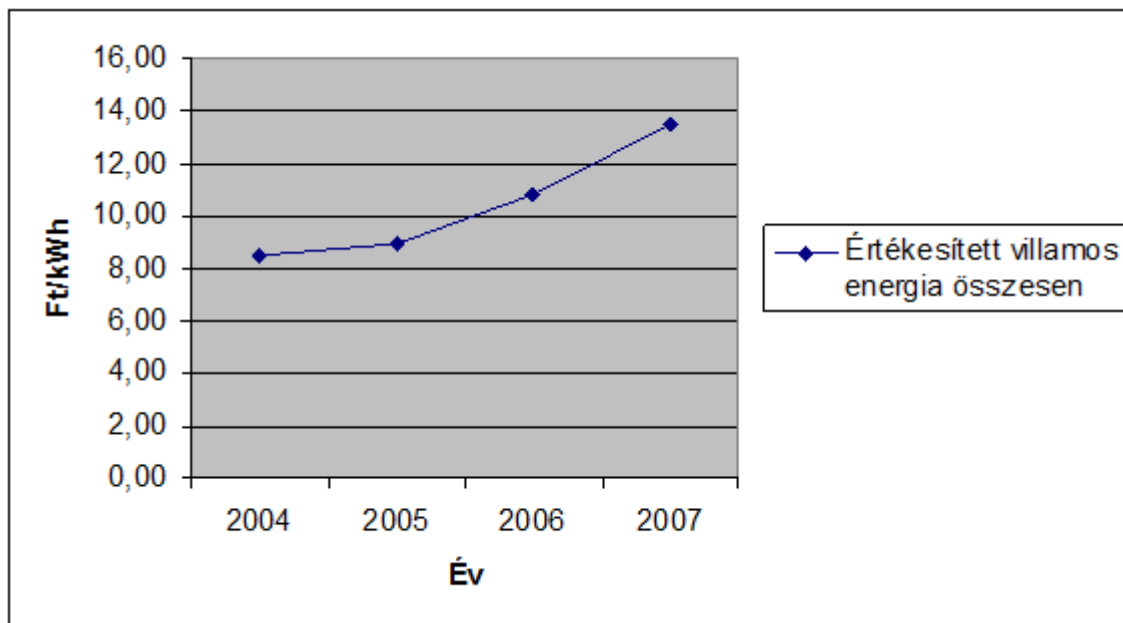
Forrás: Schulz-Eder (2005)

Az áramtermelés a kombinált áramtermelő és hőerőművek számára legtöbbször aszinkron generátorral, ritkább esetben szinkron generátorral történik. Az aszinkron generátor nem más, mint egy háromfázisú árammal működő, rövidre zárt forgórészű motor. Ha a motorüzemben elérnél nagyobb fordulatszámon működtetjük, akkor áramot termel, amely a hálózatba táplálható, ugyanakkor az elektromágneses gerjesztéshez áramot fel is vesz a hálózatból. A gerjesztés során a fordulatszám egy meghatározott, a

generátorteljesítménytől függő határok közé beáll. Az aszinkronmotor legfőbb hátránya, hogy hálózati áramkimaradás esetén nem tud áramot fejleszteni, vagyis nem tud szükségáram-forrásként működni. A szinkrongenerátor ezzel szemben öngerjesztő, vagyis hálózati csatlakozás nélkül is tud áramot termelni, mert mágneses mező felépítéséhez szükséges áramot a generátor tengelyén lévő segédgenerátor termeli.

Lehetséges közvetlen áramtermelés tüzelőanyag-cellában is. A tüzelőanyag-cellák elektrokémiai rendszerek, melyek az oxidációs folyamatokból keletkező kémiai energiát alakítják át közvetlenül elektromos energiává. A működés elve hasonlít a primerelemekéhez, azzal a különbséggel, hogy az energia nem az elektródákban tárolódik, hanem egy külső tartályban. Habár csak tisztított formában, de a biogáz is alkalmas energetikai használatra a tüzelőanyag-cellában.

A biogázzal történő villamos energia termelésnél az állam kötelező átvételi árat szab meg. Ezt az árat a kormány rendeletben szabályozza, amely hazánkban az utóbbi években ez igen nagy változékonyságot mutatott. Jelenleg ez a napi átlag átvételi ár 22,46 Ft/kWh. A 4.12. ábra bemutatja a villamos energia kereskedői átlagárát, amelynek a 2007-es átlag értéke 13,52 Ft/kWh. Ez az adat a 2007 januári átlagértéket mutatja. Lehet látni, hogy a kettő közötti különbség 8,94 Ft/kWh a zöldenergia javára. A biogáz energiataralma azonban kevesebb mint a földgázé, adott esetben akár annak a 40%-a is lehet, ez jelentősen módosítja a hatékonyságot, ezen keresztül pedig a gazdaságosságot.



4.12. ábra A villamosenergia kereskedők értékesítési átlagára

Forrás: MEH

4.3.7. Bioüzemanyag és 'bioföldgáz'

A biogáz mint bioüzemanyag

Az utóbbi években a világban a személy- és tehergépkocsik üzemeltetésénél elkezdődött a különböző gázféleségek, így a biogáz alkalmazása.

Az Európai Parlament és a Tanács 2003/30 EK Irányelve a biogázt egyértelműen a bioüzemanyagok közé sorolja, így az EU előírásait biogázzal ugyanúgy lehet teljesíteni, mint biodízzel és/vagy bioalkohollal. Az Irányelv 2. cikkelye a c) pontban a biogázt így határozza meg: „a biogáz-gáznemű üzemanyag, melyet biomasszából és/vagy hulladékok biológiai lebontó részéből állítanak elő, amelyből tisztítás után földgázminőségű érhető el”.

A helyben termelődő anyagokat hazánkban hasznosíthatjuk biogáz előállítás után a helyi közlekedés energiaszükségletének fedezésére. A felhasznált gázféleségek közül a CNG (kompromittált biogáz) jöhet szóba, amit azonban cseppfolyósítani kell. A különböző bioüzemanyagok közül az 1 ha-ra vetített km száma alapján egyértelműen a biogáz 73-74 km/ha értéke a legkiemelkedőbb (4.21. táblázat).

4.21. táblázat A különböző bio-üzemanyagok 1 ha-ra vetített megtett km-ek száma

Bioüzemanyag neve	Termés (t/ha)	Bioüzemanyag (l/t)	Mennyiség/ha	Egyenérték	km/ha ³
Növényi olaj ¹ (repceolaj)	3,4	435	1480 l	1l= 0,96l diesel	20,3
Biodízel	3,4	455	1550 l	1l= 0,91l diesel	20,15
Bioetanol (gabona)	6,6	387	2550 l	1l= 0,66l benzin	21,5
Bioetanol (cukorrépa)	58	108	6620 l	1l= 0,66l benzin	54,615
BtL2	15	269	4030 l	1l= 0,97l diesel	55,850
Biogáz (kukoricaszilázs)	45	88 kg/t	4950 m ³ 3960 kg	1kg= 1,3l diesel 1kg= 1,5 benzin	74,2573,55

1 kezeletlen repceolaj,

2 biomassza átalakítása folyékony üzemanyaggá

3 a számításnál használt üzemanyag fogyasztások: Diesel üzem 7l/100 km, benzin üzem 8l/100 km

Forrás: FNR 2006, Kovács és Fuchsz 2007

A 4.21. táblázat szerint 1 ha kukoricaszilázs termőterületen 5940 l benzin „teremhet” meg, amelynek értéke 98-as benzin esetén 420 Ft/l (2014) elszámolóárral számolva kb 2,5 millió Ft/ha-ot jelentene. Természetesen ezt az összeget csökkentik a növény termesztésének, a biogáz előállítás és üzemanyaggá tételének, a piacra jutásnak jelentős költségtételei.

A biogáz motorikus hatása

A biogáz oktánszáma 100-110 ($ROZ < 100$, CZ 1 0, metánszáma 135), ez annyit jelent, hogy nagyon jól alkalmazkodik a nagyobb sűrítéssel rendelkező motorokhoz, ugyanakkor az öngyulladás tulajdonságai rosszak. A szokásos sűrítési viszony 8 és 11 között van. A robbanómotoroknál használt üzemanyagok megengedett kéntartalma 2,25 g/m³, a mezőgazdasági eredetű biogáz jellemző átlagos kéntartalma 0,43 g/m³.

A biogázzal hajtott motorokra a hazai és külföldi szennyvíztisztító telepeken már vannak tapasztalatok. Általában kétféle biogáz motoros égetési eljárást különböztetünk meg:

- a gáz-Otto eljárás kombinációját, amelynél a gyújtás szikra segítségével történik;
- a gáz-dízel eljárás kombinációját, amelynél a gyújtás kompresszióval, dízelolaj-befecskendezéssel vagy kellő bemelegedés után anélkül is végrehajtható.

A biogáz nyomásának a motorokban legalább 4 bar-nak kell lennie. Ha a biogáz 60% metántartalmú, az üzemanyag-szükséglet teljes terhelésnél 0,65 m³/kWh. Ez egy 50 kW-os motornál, tartós üzemnél kb. 32,5 Nm³/h fogyasztást jelent. 1 Nm³ biogáz közel 0,5 kg dízel üzemanyagnak felel meg. 1 kWh villamos energia előállítására 0,56 Nm³-t használtak fel. (Barótfi, 1998)

Az eddigi tapasztalatok szerint a biogázzal üzemelő motoroknál az elhasználódás kisebb, mint a dízel üzemanyaggal való üzemeltetésnél. A bevezetett biogázból a keletkezett energia megoszlása: a motor tengelyén megjelenő mechanikai munka 35%, hűtővízből visszanyerhető hőenergia 25%, a kipufogó gázból visszanyerhető hőenergia 23%, a géphelyiségben kisugárzó hőből 5% beépített hőcserélőkkel tovább hasznosítható.

Megállapították, hogy a biogázzal üzemelő motor hatásfoka közepes fordulatszámon és nagy nyomatéknál megegyezik a csak dízel hajtóanyagúéval, míg nagyobb fordulatszámon és kisebb nyomatéknál a kettős üzemanyagú motor teljesítménye nem érte el a csak dízel hajtóanyaggal üzemeltetett motorét.

A biogáz üzemanyag célú hasznosításának hatásai több szinten érezhetőek, így a társadalom, környezet és gazdaság vonatkozásában:

- Az alapanyag forrás helyben megtermelhető
- Az üzemelésnél automatizáltsági fok valósítható meg
- Gépjárművek károsanyag-kibocsátása kisebb, mint a fosszilis energiahordozóké.

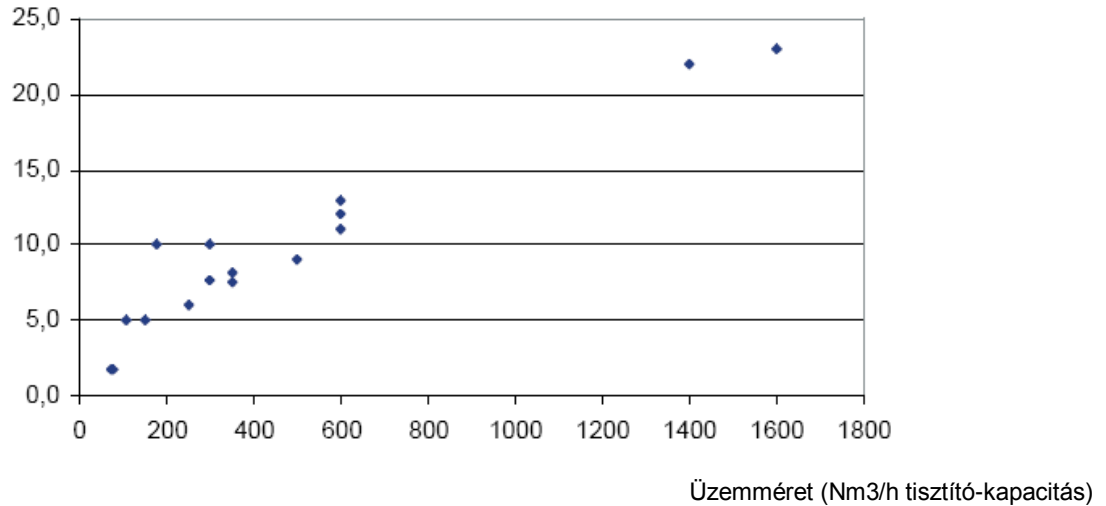
A biogáztisztítás költségei

A tisztítás költségei függenek a kiindulási gáz jellemzőktől és a tisztított gázzal szemben támasztott követelményektől, valamint az alkalmazott eljárástól és annak kapacitásától. A Sterling eljárás esetén a jellemző beruházási értékek rendszerint 400-600 ezer € nagyságrendű 100 m³/h kapacitásra vetítve. A működési költségek közül a villamosenergia-igény a meghatározó, ennek átlagértéke 0,5 kWh/m³-re becsülhető.

A svéd biogáz-telepek jelentős részében már tisztítják a biogázt a felhasználást megelőzően. A tisztítás teljes költsége nem több, mint 1-2 €/cent/kWh, mely 200-300 Nm³

fölött már az alacsonyabb határértékkel jellemezhető. A beruházásigény 200-600 m³/h kapacitásnál 5-10 M SEK (ld. az alábbi ábrák). A teljesítményeknél jelentkeznek itt is az alsó határértékek.

Millió SEK (1 SEK = 26,74 Ft*)



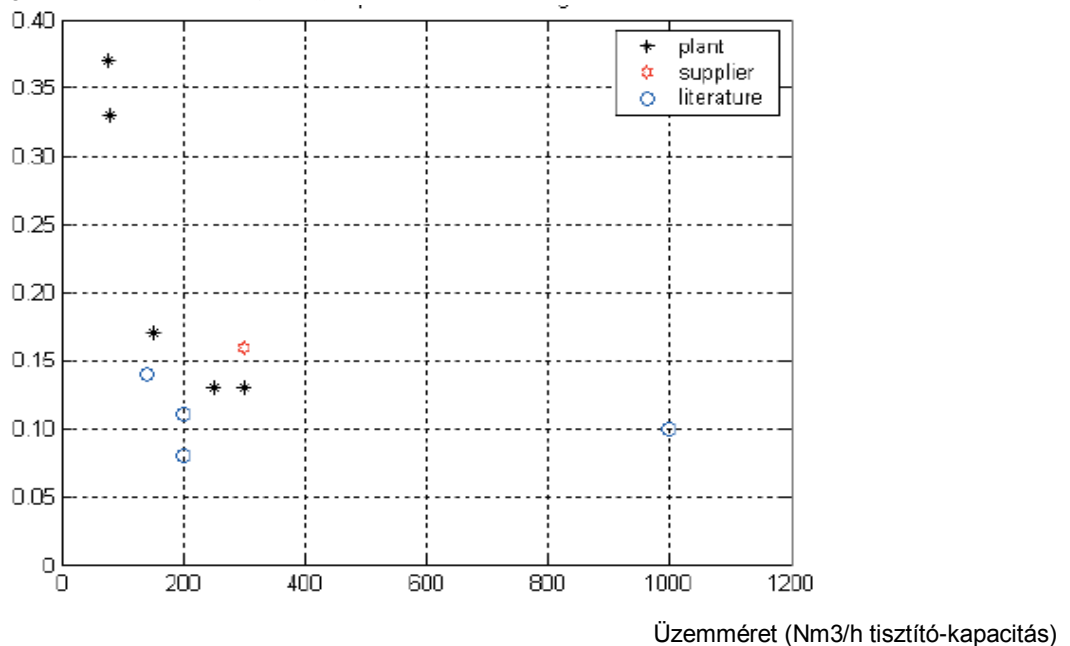
4.13. ábra A biogáz tisztításának beruházási költségei

*árfolyam: MNB 2007-04-24

Forrás: Bai et al, 2007, (Svensson, 2006)

Tisztítás teljes költsége

(SEK/kWh tisztított biogáz (1 SEK = 26,74Ft (2007))



4.14. ábra A biogáz tisztítások működési költségei

Forrás: Bai et al, 2007, Svensson, 2006

Ha a svéd) példát vesszük alapul, akkor Magyarországon az energia költség a legjelentősebb tétel a működési költségek között, 1082 Ft/h 200, m³/h kapacitás mellett (4.22. táblázat).

4.22. táblázat Biogáz lehetséges tisztítási költsége svéd példa alapján

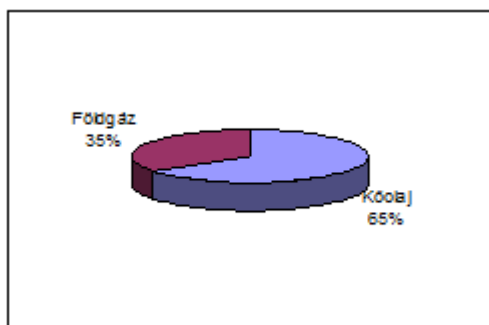
Működési költség	Villamos energia elszámolási átlagár (Ft/kWh)	16,00
	200m ³ /h tisztás energiaigénye (kWh)	100
	200 m ³ /h tisztítás energia költsége (Ft)	1600
Beruházási költség	(eFt)	133 700

Forrás: Bai et al., 2007, Svensson 2006,

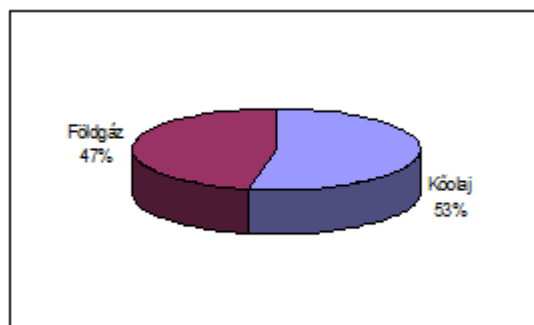
A földgáz jelentősége napjainkban

A XX. század közepétől energiahordozóként és alapanyagként egyaránt felértékelődött a földgáz, megnőtt iránta a kereslet. A kutatási, fúrási és termelési eszközök korszerűsítése nyomán a tengeri készletek mellett (Északi-tenger, Nyugat-Ausztrália sekély tengere) a hideg égővi földgázmezők (Alaszka, Szibéria) feltárására is sor került. Ezzel párhuzamosan a közel-keleti kőolajmezők földgáz készletét is újraértékelték. A nagy intenzitású kutatások nyomán az utóbbi húsz évben a feltárt készletek gyorsan nőttek, ebben az időszakban a világ földgázkészlete több mint a kétszeresére nőtt.

A prognózisok az elkövetkező 20 évben Európa földgázfogyasztásában egyértelműen az importfüggőség fokozódását mutatják (4.15. ábra).



2000-ben



2020-ban

4.15. ábra Európa energiainportja a felhasználás százalékában

Forrás: Mandraz (2002)

Az 1991-ben létrejött és az 1994. évi I. törvénnyel kihirdetett Európai Megállapodás rögzíti a kooperációs szándékot az energetika terén. Ennek része a transzeurópai energetikai hálózatokhoz történő csatlakozás, a vállalatok közötti együttműködés, a piaci liberalizáció

és az energiátranzit elősegítése. A csatlakozási tárgyalások során Magyarország vállalta, hogy az Európai Unió belső piacán 1998. június 30.-án érvényes szabályokat a csatlakozás időpontjáig bevezeti. A csatlakozási tárgyalások során 2000. október 5-én az energetikai fejezet vizsgálatát Magyarország esetében zárták le elsőként a csatlakozásra váró országok közül.

Az Európai Parlament és a Tanács 96/92/EC számú irányelve a villamos energia, a 98/30/EC számú irányelve a földgáz piac közös szabályait rögzítette, melynek értelmében a tagállamoknak fokozatosan lehetővé kell tenni a piaci versenyt.

A földgáz piac közös szabályairól szóló irányelv fő követelményei:

- A földgáz távvezetési szállítás, elosztás, ellátás és tárolás szervezetére, működésére, a piachoz való hozzáférésére és az engedélyezési eljárásra tartalmaz előírásokat - A földgázipari vállalkozások között versenyt kell létrehozni, és biztosítani kell a társaságok diszkriminációtól mentes működését.
- A gázrendszer építésének és üzemeltetésének engedélyezésére megfelelő hatóságot kell kijelölni, és biztosítani kell annak objektív, nyilvános követelményrendszer alapján történő diszkriminációtól mentes működését.
- A szállító, tároló és szolgáltató társaságok üzleti partnereik, illetve saját üzleteik között nem tehetnek különbséget.
- A szállító, tároló és elosztó hálózatokhoz való hozzáférést biztosítani kell.
- A tulajdonosi jogok nem jelenthetnek előjogokat a szereplőknek és a tulajdonosi jogokkal rendelkezők nem korlátozhatják mások tevékenységét.
- Az irányelv meghatározza, hogy a földgázipari vállalkozás súlyos gazdasági pénzügy helyzete elkerülése érdekében átmeneti alkalmazásmentességet, derogációt kérhet egy tagállam.

A földgáz piaca és a biogáz

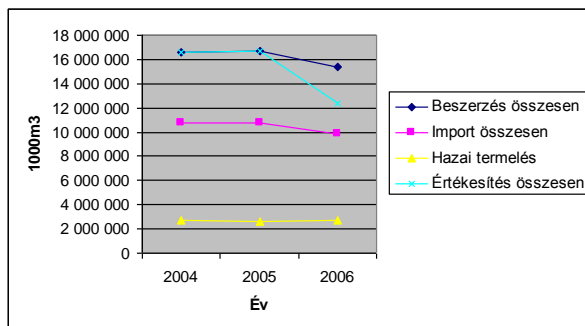
2005-ben sor került a GET módosítására, melynek célja az EU Gázdirektíva részletszabályainak való lehető legteljesebb megfelelés volt. Ennek keretében 2007. július 1-jétől minden fogyasztó feljogosított, azaz szabadon vásárolhat földgázt, a szállító- és elosztóhálózatokhoz kötelező hozzáférést kell biztosítani, a piaci szereplőket egymástól jogi, számviteli és irányítási szempontból szét kell választani, a kisfogyasztók védelmét biztosítani kell, biogáz is beengedhető a földgázrendszerbe (4.16. ábra).



4.16. ábra Földgázszállító Rt. vezetékhálózat 2005-ben

Forrás: Magyar Energia Hivatal

Az 1973-ban kialakult energiaválságok illetve a RAO Gázprom és az ukrán partnere között 2005. december végén kialakult vita ismételten rámutatott Magyarország importfüggőségére. Ezt jól szemlélteti a Magyarországi import és hazai termelés illetve értékesítés aránya (4.17. ábra).



4.17. ábra Magyarország földgáz beszerzés és értékesítés 2004-2006

Forrás: Magyar Energia Hivatal

A hazai termelés az importhoz képest csekély, mintegy 70%-os behozatalról lehet beszélni. Az értékesítésnél 2006-ban jelentős visszaesés figyelhető meg, ami 2006. november, december enyhe tele magyarázza. A magasabb beszerzésre ebben az évben a tárolók feltöltése miatt lehetett szükség.

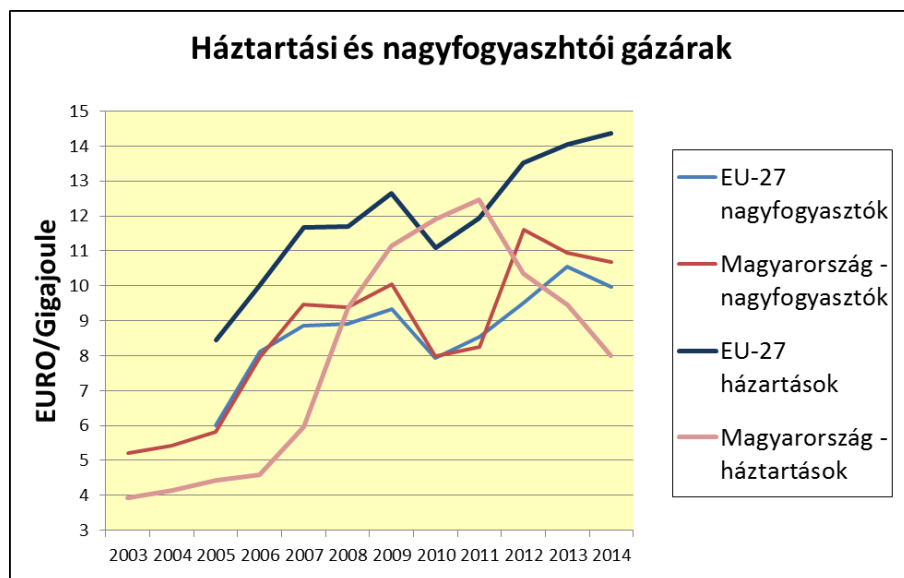
A Kormány az importfüggőség enyhítésére egy biztonsági földgázkészlet kialakításáról döntött. A törvény 1,2 milliárd m³ földgáz tárolását és az ehhez szükséges föld alatti tároló 2010-ig történő létesítését és a földgázimport zavarai esetében a lakosság és a kiemelt fogyasztók ellátására való felhasználását írja elő.

A földgáz nagymennyiségű tárolására különböző típusú tárolókat használnak.

- Kimerült gázmezőkben kialakított földalatti gáztárolók, itt a geológiai formációknál minden szükséges feltétel (porózus tároló-, és jól záró fedőréteg) megvan, ami az elsődleges földgázkészlet felhalmozódását is biztosította.
- Aquiferben történő tárolás, amelynél gázbesajtolással szorítják ki a pórustérből a vizet, és hozzák létre a mesterséges tárolót. A porózus rétegekben kialakított tárolókban nagy mennyiségek tárolhatók, de kitárolási kapacitásuk, és annak változtatási sebessége egyaránt korlátozott. A rugalmasságukat költséges ún. vízszintes kutakkal lehet fokozni.
- Egy a fúrólukon keresztül öblítéssel alakítanak ki mesterséges sóüreget, melynek átlagos térfogata általában 200-300 ezer m³, ami nagyságrenddel kisebb tárolókapacitást jelent, mint a porózus tárolóké. A sóüreghez tartozó egyetlen kúttal azonban nagy kivételi kapacitások valósíthatók meg. Az ilyen típusú tárolók kedvező karakterisztikájú csúcs tárolók a leghidegebb napok csúcsigényének kielégítésére, mivel terhelésük tág határok között gyorsan és rugalmasan változtatható. Általában évente többször is feltöltik ezeket a tárolókat.
- A szezonális alaptárolók szerepét minden országban a nagy kapacitású porózus tárolók töltik be. A csúcsidei tárolási feladatokhoz a rugalmas, többször tölthető, nagy kiadási kapacitással rendelkező sóüreges tárolók ideálisak.

A földgáz ára

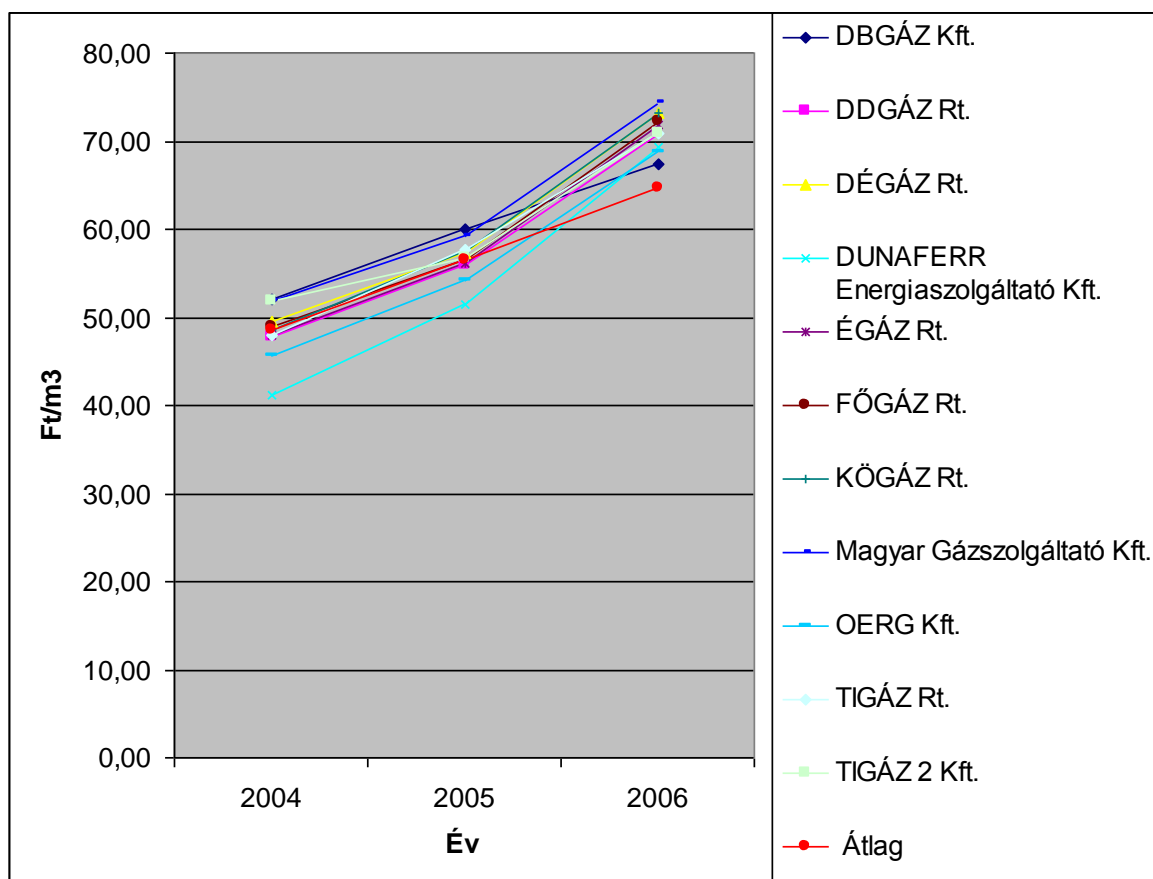
A világon a földgáz kitermelhető mennyisége csökkenőben, azonban a felhasználás, főleg a fejlődő országaiban növekszik. Ebből kifolyólag megfigyelhető, hogy a földgáz ára trendjében növekszik, (4.18. ábra). A magyarországi nagyfogyasztói gázárak lekövetik az Európai Unió trendeket, a háztartási árak pedig a kormányzat rezsicsökkentő beavatkozása miatt elválnak az uniós árnövekedéstől.



4.18. ábra A háztartási és nagyfogyasztói gázárak az EU-27-ben és Magyarországon

Forrás : EUROSTAT

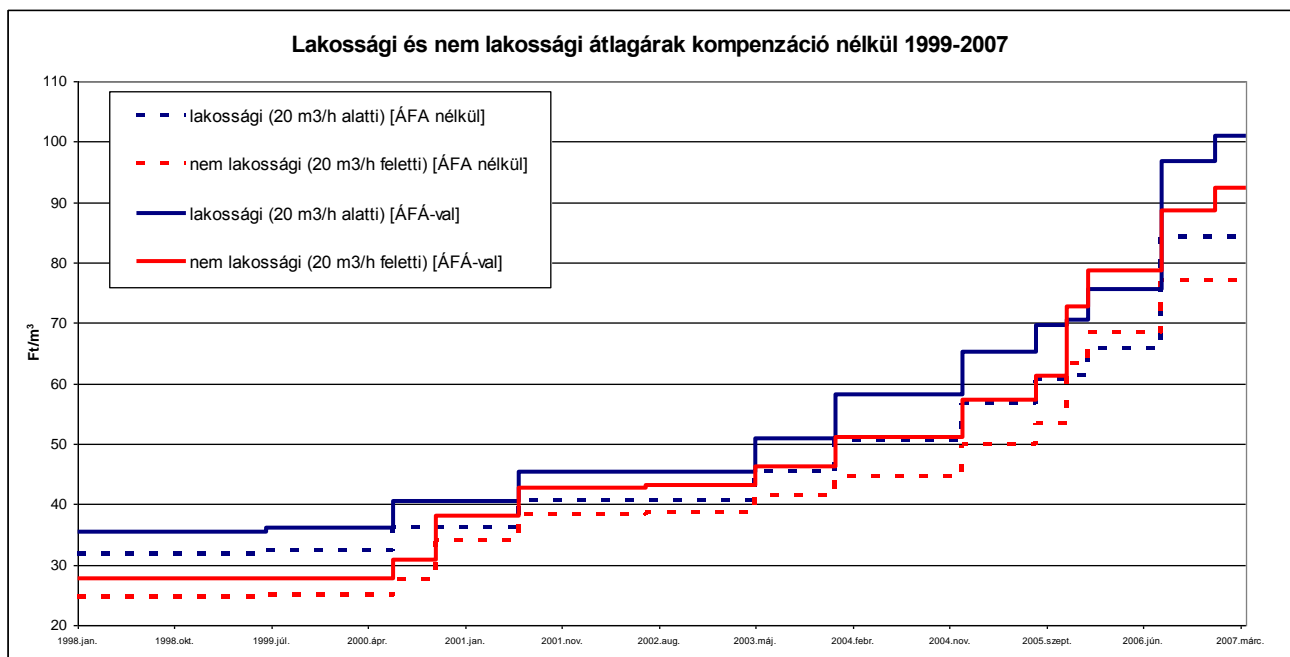
Magyarországon több gázszolgáltató társaság létezik, amelyeknél csekély eltérés van a gázárakban. A 4.19. ábra szemlélteti a legjelentősebb gázszolgáltató társaságoknál lévő átlagos gázárakat 2004-2006 évben.



4.19. ábra A legjelentősebb gáztársaságok átlagos gázárai 2004-2006 között

Forrás: Magyar Energia Hivatal

A lakossági földgáznál a 2006-ig érvényben lévő kompenzációs rendszer módosította a lakossági áremelés mértékét. Hazánk földgáz árszabályozása az utóbbi években többször is változott. A kormány igyekezett az eddig jelentősen támogatott lakossági árakat a többi EU-s országhoz közelíteni, illetve a szociálisan rászorulókat támogatáshoz jutatni. A lakossági gázár változását mutatja 1989-2006 között a 4.20. ábra.



4.20. ábra Lakossági és nem lakossági földgáz átlagárak kompenzáció nélkül 1999-2007

4.3.8. A biogázelőállítás során keletkező melléktermékek értékelése

A biogáz előállítása során keletkező melléktermékek: a hőenergia, a biotrágya és a széndioxid. Ezen termékek felhasználása a gazdaságosság szempontjából fontosak lehetnek.

Hőenergia

A biogázzal működő kombinált áramtermelő és hőerőmű (kogeneráció) célja az áram mellett a motorból távozó hő hasznosítása is. Télen ez általában nem okoz problémát, nyáron viszont gyakran elvész a hőfelesleg. Emiatt minden biogázmotorhoz tartozik egy úgynevezett vészhűtő, a keletkező hő szabadba fűtéséhez.

Biotrágya

A biogáz előállítás során visszamaradó szervesanyag jó minőségű, érett biotrágyaként hasznosítható. A biotrágya mint termék fontos tényezője a biogáz gazdasági megítélésének.

Nedves eljárású technológia során keletkezett biotrágya

A nedves erjesztési technológiával nyert folyékony biotrágya mezőgazdasági területen való hasznosításnál a szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezéseire és hasznosításaira vonatkozó előírásokat kell betartani, azaz a védőtávolságok folyékony

biotrágyával való trágyázás esetében azonosak a normál istállótrágyával való trágyázásnál megköveteltekkel.

A nedves eljárású biogáz-, biotrágya-előállító eljárás folyadékfázisa az ún. folyékony biotrágya a koncentrált szennyvízhez vagy a különböző hígtrágyákhoz hasonló. Ennek megfelelően mind a szennyvizekre, mind az iszapokra vonatkozó, valamint a hígtrágya kezelésre előírt rendelkezéseket figyelembe kell venni.

Fázisbontás után a híg fázis tározás után árasztásos vagy injektálásos öntözéssel hasznosítható. A szilárd fázisból komposzt állítható elő.

A félszáraz eljárású technológia a során keletkezett biotrágya

A félszáraz biogáz-, biotrágya-előállító eljárás során feldolgozásra kerülő biomassza 17,5-25%-os szárazanyag-tartalommal kerül az erjesztőkbe. Az eljárás végén 40-50 %-os szervesanyag-lebontás után térfogata kb.: 15-20 %-kal csökken. A biotrágya megőrzi az erjesztőbe bevitt tápanyagokat, ill. azokat a biológiai eszközeivel növények számára könnyebben felvehetővé teszi. Ennek megfelelően célszerű a mielőbbi felhasználás. A talajtól és növénykultúrától függően a felhasználható félszáraz biotrágya mennyisége homokos laza talajoknál 2 évenként 20-30 t/ha, kötöttebb talajoknál 4 évenként 30-40 t/ha.

A végtermékként kapott almos biotrágya megfelelőségét a végtermékkomponensek aránya biztosítja (4.23. táblázat).

4.23. táblázat A félszáraz biotrágya megfelelő végkomponens arányai

Megnevezés	Végkomponens arány (%)
nedvesség-tartalma	75-80
maradék szervesanyag	15-22
N-tartalom	0,5 felett
P ₂ O ₅ -tartalom	0,25-06
K ₂ O-tartalom	0,5-0,6
C/N-arány	15:120:1
C	a maradék szervesanyag 50 %-a.

Forrás: Barótfi 1998

A biotrágya környezetvédelmi értékelése

A trágya kihasználását nagymértékben befolyásolja annak a környezetre gyakorolt hatása. Egy jól működő biogázerjesztőből kikerült trágya a jellemzői:

- Csekély a szagkibocsátás.
- Gyenge maróhatás, mert a nem illékony és kis maróhatású szerves anyagok lebomlása jobb, ami a növekvő pH-értékből látható. A nyálkás és szálas anyagok is lebomlanak, amelyek nyers trágya esetén akadályozzák a növényekről a könnyű lecsúszást. A száraz tömeg lebomlásával folyósabb lesz a trágya és így kevésbé tud lerakódni a növények felületén.
- Nagy tápanyagtartalom, ami a levegőtől elzárt erjedési folyamatoknak köszönhető. A nyitott hígtrágya és trágya tárolással ellentétben, nem vesz el növényi tápanyag a párolgás miatt, illetve nem mossza ki az esővíz, mint a komposztálásánál. Így a biogáztrágyának nagyobb az ammóniumtartalma, mint a kezeletlen trágyának (4.24. táblázat). Kihordásnál, az ammóniák kigázosítása miatt nagyobb a nitrogénveszteség veszélye, emiatt a biogáztrágyát mindenképpen a talaj közelében kell szétteríteni. A talaj szénvegyületeket is igényel a humusz felépítéséhez, ehhez elsősorban cellulóz és lignin szükséges, vagyis olyan kötések, amelyek a metagonén mikrobák (amelyek a biogáz erjesztésében közreműködnek) nem vagy csak nehezen tudnak lebontani.

4.24. táblázat A biotrágya és a friss trágya összetétele

Megnevezés	Sertéstrágya		Marhatrágya	
	Friss trágya (%)	Kierjesztett biogáztrágya (%)	Friss trágya (%)	Kierjesztett biogáztrágya (%)
Szárazanyag-tartalom	5,38	3,45	10,03	6,76
Szerves szárazanyag-tartalom	3,75	2,01	7,35	4,66
pH-érték	7,37	8,02	7,42	7,75
Nössz-tartalom	0,48	0,45	0,41	0,38
NH ₄ -N-tartalom	0,33	0,36	0,2	0,22
Szerves szárazanyag bomlási foka	46,4	46,4	36,56	36,56
Ammóniumarány	68,8	80	48,8	57,9
Ammónium emelkedése	16,3		20,3	

Forrás: Forrás:Schulz-Eder (2005)

A nitrát-kimosódást veszélye miatt, a nyers trágyához hasonlóan, a biogáztrágyát is tenyészdőben kell kihordani. Viszont a biogáztrágya jobban összefér a növényekkel, ezért gyors hatású fejtrágyaként is lehet a fejlődő növényekhez használni. A megfelelő időben adagolt biogáztrágya esetében csökkenhet a nitrogénkimosódás.

A gyomnövények csírázóképesége a hőmérséklettel és az erjedési idővel függ össze. Mezofil tartományban történő biogázgyártásnál csak a lágycsésző magvaknak csökken a

csírázóképesége, míg termofil tartományban valamennyi mag csírázóképesége csökken. Tehát a biogázgyártás segíti a gyomnövények elleni küzdelmet.

Szén-dioxid

A biogáz termelés során a metán mellett a legnagyobb mennyiségben széndioxid keletkezik, amit a gázból, a gáz fűtőértékének javítása, illetve felhasználhatósága érdekében el kell távolítani.

A leválasztott CO₂ egyik felhasználási lehetősége a levéltrágyázás, amellyel a korai időszak zöldségtermesztése gazdaságosan fokozható, mert a termesztett növények szárazanyaguk kb. 88 %-át a levegő CO₂-ből biztosítják. Zárt térben (üvegház, fóliasátor stb.) történő termesztés esetén a levegő természetes CO₂-tartalmának csökkenése következtében az asszimiláció lelassul, majd le is állhat. CO₂-adagolással komoly eredményre lehet számítani már akkor is, ha csak a szabad levegőhöz viszonyított hiányt pótolják, de 0,007-0,1 térfogat % CO₂ trágyázási tömörséggel további mennyiségi és minőség-növekedés érhető el. Üvegházakba óránként és m²-enként 6 g, fóliasátrakba 1,822 g CO₂ bejuttatásáról kell gondoskodni. (Barótfi 1998).

A széndioxidból szárazjég is előállítható.

4.3.9. A biogáz értékelése

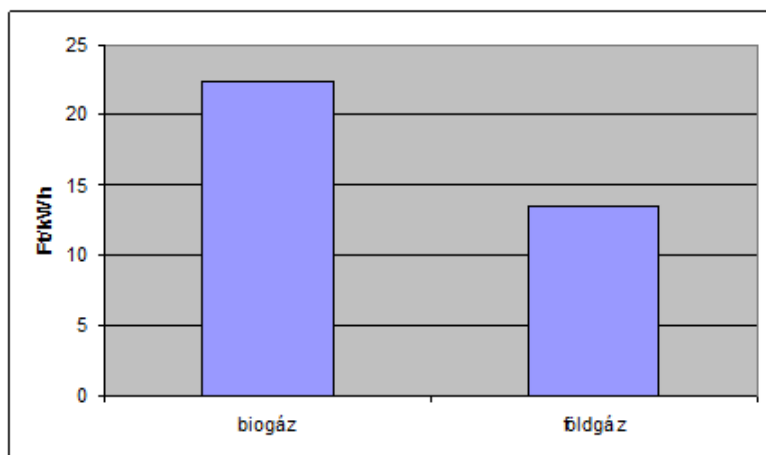
Az utóbbi évek gazdasági és társadalmi változásai kedveznek a biomassa energetikai hasznosításának, elősegíthetik elterjedését. A hagyományos energiahordozók árának jelentős emelkedése, az EU-csatlakozás belátható mezőgazdasági változásai, a vidéki munkaerőhelyzet mind-mind olyan probléma, melyre jó megoldásként kínálkozik a biomassa energetikai hasznosítása.

A biogáz felhasználását nagymértékben befolyásolja összetétele, keletkezési helye, mennyisége stb., hasznosítási iránya azonban hasonló a földgázéhoz, így fűtés célú felhasználás, bioüzemanyag előállítás, illetve kapcsolt villamos energiatermelésre való felhasználás.

A biogáz értékesítési árának a meghatározása több úton lehetséges:

- a földgáz elszámolási árából kiinduló értéknél a biogáz ár a földgázbázison meghatározott energiatartalom alapján korrigált ár 80-90 %-a a kedvezőbb vagy egyenértékű gazdaságossági feltételek megteremtésének érdekében.
- a biogáz előállítás folyamán felmerülő költségek alapján önköltségi ár meghatározása, ami üzemenként eltérő. Természetesen itt még lehet számolni plusz haszonnal, amit az önköltségi árra kell rátenni.
- a biogáz energiatartalma alapján történő ármegállapítás, ami az üzem mellett az évszaktól is függhet. Ebben az esetben érdemes a biogázt minden évszakban akár többször is bevizsgáltatni és egy átlag értékkel számolni.

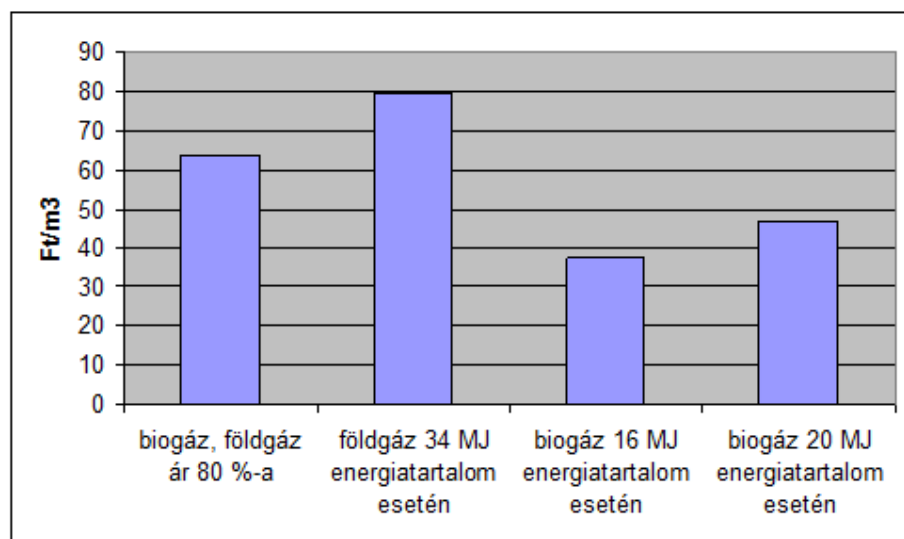
A villamos energia ár meghatározásánál a mindenkor hatályos jogszabályt kell alapul venni. Biogáznál az átlagos napi átlagos átvételi ár 22,46 Ft/kWh, a földgáz átlagos ára viszont 13,52 Ft/kWh (4.21. ábra). Ugyanakkor a biogáz energiatartalma kevesebb mint a földgázé, adott esetben akár annak a 40%-a is lehet, ami jelentősen módosítja a hatékonyságot és ezen keresztül pedig a gazdaságosságot. Összességében tehát megállapítható, hogy egy koogenerációs erőmű akkor működhet gazdaságosan hazánkban, ha a keletkező melléktermékeket (hőenergiát) megfelelő mértékben hasznosítják.



4.21. ábra A biogáz és a földgáz átlagos villamos energia ára 2007-ben

Forrás: vonatkozó jogszabályok, MEH (2007), Bai et al., 2007

Nemcsak a villamos energiánál, hanem fűtési energiánál és a biohajtóanyagnál is fontos a biogáz energiatartalma, amely nagymértékben meghatározza a biogáz hasznosulási fokát, ebből kifolyólag pedig a lehetséges értékesítési árat (4.22. ábra).



4.22. ábra A biogáz és a földgáz értékesítési ára

Forrás: Bai et al., 2007 a MEH 2007 adatai alapján

Az ábrán látható árak 2007 01-04 közötti időszak energiatartalomra vetített földgázár mellett lettek kiszámolva. (2,344 Ft/MJ) Az itt feltüntetett értékekből megállapítható, hogy jelentős különbségek vannak a különböző számítási módok között.

4.3.10. Üzemtervezés

A biogáz-erőmű számításai lényegében megegyeznek a szilárd tüzelésű biogáz-erőművekével, a különbségek a következők:

A gázmotorok elektromos hatásfoka magasabb a szilárd tüzelésű erőművek kazánjainál

Melléktermékként a hulladékhő mellett a biotrágya is számításba vehető

Kizárólag szerves hulladékok erjesztése esetén nincs alapanyag-költség. A termelési költségek meghatározó tétele az amortizációs költség, ezért a termelési költség becsléséhez ennek részarányát használjuk fel.

Szükséges alapadatok

- üzem kapacitása: 2 MWe
- üzemidő: 8000 üzemóra/év,
- hatásfokok: η_e : 43 %, η_{th} : 50 %, veszteség: 7 %
- önfogyasztás áramnál: 15 % , hulladékhőnél: 20 %
- zöld villamos áram (főtermék) átvételi átlagára: 32 Ft/kWh
- hőenergiánál a helyettesítő termék: földgáz, ennek fogyasztói ára: 129 Ft/Nm³, fűtőértéke: 34 MJ/Nm³, fűtőértékre vonatkoztatott ára: $129 / 34 = 3,8$ Ft/MJ
- biotrágya részaránya a két másik termék bevételeiből: 8 %
- amortizációs költség részaránya: 60 %
- fajlagos beruházási költség: 1 Mrd Ft/MWe, átlagos amortizációs kulcs: 10 %/év
- átszámítás: 1 GWh = 3,6 TJ

Számítások

1. A felhasznált alapanyagnak nincs **területigénye**, a biogázhozam kalkulációja inkább technikai, mintsem ökonómiai probléma.
2. A **termelt biogáz energia-tartalma**: $(2 \text{ MWe} \times 8000 \text{ h/év}) / 43 \% \text{ villamos hatásfok} = 37,2 \text{ GWh/év} = 134 \text{ TJ/év}$
3. **Beruházás-igény**: $2 \text{ MWe} \times 1 \text{ Mrd Ft/MWe} = 2 \text{ Mrd Ft}$
 - a. Amortizációs költség: $2 \text{ Mrd Ft} \times 10 \% = 200 \text{ MFt/év}$
4. **Termelési költség**:
 - a. 200 millió Ft/év amortizációs költség / 60 % részarány = 333 millió Ft/év
 - b. Ebből kiadás: 333 MFt termelési költség – 200 MFt Ft amortizációs költség = 133 MFt/év

5. Bevételek:

a. Zöld villamos-áram értékesítése

i. előállított áram mennyisége: $2 \text{ MWe} \times 8000 \text{ h/év} = 16 \text{ GWh/év}$, ebből
15 % önfogyasztás: $16 \text{ GWh/év} \times 85 \% = 13,6 \text{ GWh/év}$ értékesíthető

ii. eladható áram értéke: $13,6 \text{ GWh/év} \times 32 \text{ Ft/kWh} = 435 \text{ MFt/év}$

b. Hő-értékesítés (földgáz-megtakarítás) elméletileg

i. előállított hő mennyisége: 134 TJ/év (2. pont) * 50 % hő-előállítási
hatásfok = 67 TJ/év , ebből még 20 % önfogyasztás = $67 \text{ TJ/év} \times 0,8 =$
 $53,6 \text{ TJ/év}$ felhasználható hőmennyiség

ii. az elméletileg eladható hő értéke: $53,6 \text{ TJ/év} \times 3,8 \text{ Ft/MJ} = 204 \text{ MFt/év}$

c. Biotrágya értéke: $639 \text{ MFt/év} \times 8 \% = 51 \text{ MFt}$

d. Elméletileg elérhető összes bevétel/termelési érték: $(435 + 204 + 51) \text{ MFt} =$
 690 MFt/év

6. **Nettó jövedelem:** 690 MFt/év termelési érték – 333 MFt/év termelési költség = 357 MFt/év

7. Pénzforgalmi egyenleg:

a. Teljeskörű hőértékesítésnél (földgáz áron): 690 MFt/év bevétel – 133 MFt/év
kiadás = 557 MFt/év

i. Statikus megtérülési idő: $2000 \text{ MFt} / 557 \text{ MFt/év} = 3,6 \text{ év}$.

b. Amennyiben csak fél évig, hőenergetikai célra történik a hő értékesítése
(földgáz-áron) és nem értékesíthető a biotrágyát sem: $(435 + 204/2+0)$
 MFt/év bevétel – 133 MFt/év kiadás = 404 MFt/év

i. Statikus megtérülési idő: $2000 \text{ MFt} / 404 \text{ MFt/év} = 5,0 \text{ év}$.

8. Önköltség:

a. Teljeskörű hőértékesítésnél (földgáz áron): 333 MFt/év termelési költség –
 204 MFt/év hőenergia-költség – 51 MFt biotrágya-költség = 78 MFt nettó
termelési költség terheli a főterméket, $78 \text{ MFt} / 16 \text{ GWh}$ villamos áram = $4,9$
 Ft/kWh a zöld villamos áram önköltsége, mely rendkívül versenyképes
bármilyen erőműben előállított áram árával

b. Amennyiben csak fél évig, hőenergetikai célra tudjuk értékesíteni (földgáz-
áron) a hőt és nem tudjuk eladni a biotrágyát sem: 333 MFt/év termelési
költség – $204/2 \text{ MFt/év}$ hőenergia-költség – 0 MFt/év biotrágya-költség = 231
 MFt nettó termelési költség terheli a főterméket, $231 \text{ MFt} / 16 \text{ GWh}$ villamos
áram = $14,4 \text{ Ft/kWh}$ lenne a zöld villamos áram önköltsége a megadott
paraméterek alapján, vagyis itt is közel 10 Ft/kWh -magasabb, mintha teljes
mértékben és értéken fel tudnánk használni a képződött melléktermékeket.

5. BIOMASSZA-ENERGETIKAI TECHNOLÓGIÁK ESETTANULMÁNYAI

5.1. Esettanulmány szilárd biomassza tüzelésére

5.1.1. Nyugat-dunántúli hőszolgáltatási mintaprojekt

Általános leírás: 200 kW-os hőközpont létesítése 2012-ben a Printek Kft. szombathelyi telephelyén. A Magyar Pellet Egyesület és a Regionális Pellet Klaszter közös projektje, biomassza hőközpont lokális hőszolgáltatásra, lokális tüzelőanyagokra (faapríték/pellet) építve, MPE védjeggyel ellátott kazánokkal, monitoring rendszerrel.

Előzmények: 2000 m² üzemcsarnok ill. iroda, közel 50 éves szigetetlen beton épület, egyrétegű ablakok, fém nyílászárók, szigetetlen lapos tető. Meglévő elavult egykörös radiátoros fűtési rendszer, 4x100 kW egyfokozatú gázkazán (ebből kettő üzemel alapból, harmadik csúcsigény esetén, negyedik üzemem kívül); kézi vezérlés, reggel a kazánokat a fűtő bekapcsolja, 10 óra körül amikor már sok gáz fogyott kikapcsolja. Kétkürtös téglakémény alumínium béléssel. Gázszámla: 6-7 Mft/év. Elvárás volt: legalább 50% fűtési költségmegtakarítás.

Biomassza hőközpont kialakítása: automata biomasszakazán, tüzelőanyag: faforgács, fapellet, faapríték (G50-es méretig), automatikus behordó rendszer, zsilipkamrás adagoló egység, automata gyújtás, lépcsős mozgó rostély, utánégető kamra, automata hamuzás és hőcserélőtisztítás, primer és szekunder levegő szabályozás, 90% fölötti hatásfok, biztonságos, megbízható működés, kezelő személyzet nélküli üzemeltetés, távfelügyelettel, hitelesített ultrahangos hőmennyiségmérővel a puffer szekunder oldalán a fűtési előremenőnél és visszatérőnél.

Méretezés: 6 Mft/év földgáz -> 400 000 kWh/év energiaigény, 400 000 kWh/év / 2000 üzemóra/év = 200 kW hőigény. Betervezett kazán: HDG Compact 200 automata pellet-/faaprítékkazán (névleges hőteljesítmény 190 kW). Pufferméretezés: 190 kW x 25-30 liter/kW ~ 5000 liter, a puffer nagyjából ellátja a régi csúcskazán szerepét is .

A hőszolgáltatás határa puffer kilépő csonkjainál, a hőközpont belső vesztesége a hőszolgáltató költsége. Rendszerhatásfok a hőszolgáltatás határán ezzel együtt is eléri a 85%-ot!

Megvalósítás folyamata:

- Július: tervezés, előkészítés
- Augusztus: szerződéskötés
- Szeptember: bontás, kőműves munkák, kazán elhelyezése,
- Október: gépészeti rákötés, villanszerelés, kémény átalakítás, tüzelőanyag-tároló építés, próbaüzem, beüzemelés, környezetvédelmi bevizsgálás, hőszolgáltatás indul

Gazdaságosság:

Beruházás összege: 18 MFt+áfa.

Részletezve (árak tájékoztató jellegűek):

- Kazán, behordó, puffer: 13,5 MFt+áfa
- Bunker: 700 eFt+áfa
- Kémény átalakítás: 500 eFt+áfa Bontás és kőműves munkák: 600 eFt+áfa és villamos szerelés: 2,2 MFt+áfa
- Tervezés, előkészítés, környezetvédelmi bevizsgálás: 500 eFt+áfa
- Hőszolgáltatási díj: 2100 Ft/GJ+áfa
- Kalkulált éves megtakarítás: 4 MFt+áfa

Várható megtérülés: 4,5 év

Üzemeltetési tapasztalatok:

- Fogyasztás október 10-től november 10-ig: 110 GJ.
- Hődíj erre az időszakra: 231 eFt+áfa.
- Fogyasztás elmúlt év hasonló időszakában: 700 eFt+áfa.
- Üzemzavar mentes működés, bunkertöltés hetente, hamuürítés havonta, megrendelő maximálisan elégedett.

5.2. Esettanulmányok folyékony bioüzemanyagok hasznosítására

5.2.1. Bioetanolos projekt Kaposvárott

Kaposvárott a helyi buszpark a kísérletek időpontjában 43 járműből állt, melyek átlagéletkora 12,5 év volt, s ebből 33 cseréjét tervezték. A környezetbarát buszok 5-8 százalékkal drágábbak a hagyományos buszokhoz képest. Az első kísérleti üzemeltetésre 2006 szeptemberében került sor, amit 2006. december 19. és 2007. január 19. között egy újabb követett. A városi tömegközlekedés jelenlegi évi üzemanyag-igénye 4 millió liter. A tapasztalatok szerint városi forgalomban a hagyományos üzemű buszokhoz képest 8-20 százalékos fogyasztásnövekedésre lehet számítani (www.zoldtech.hu, 2008).

A Kapos Volán 50 távolsági Scania busznál is tervezte a motorok átalakítását E-85-ös hajtóanyagra, mely járművenként 4-5 MFt-ba került volna. A buszok vásárlásánál – nagyon helyesen – feltételként szabták, hogy az eladó a buszokat ellátó bioetanol-üzem létesítésében is részt vállaljon az önkormányzattal. Az előző alapadatok alapján 2009 júliusi gazdasági adatokkal a vertikum szereplőinek gazdasági érdekelttségét az 5.1. táblázat összegezi.

5.1. táblázat A bioetanol előállításának és felhasználásának gazdasági kulcsszámai

Üzemi modellek alapadatai	Olajár: 68 USD/bbl	Bioetanol-kihozatal: 35 %		
	EUR = 267 HUF	DDGS-ár: 120 USD/t = 22 eFt/t		
	USD = 187 HUF	Kukorica termelői ára: 35 eFt/t		
	2009. július 27-i adatok Fogyasztás-növekedés: 8-20%	300 ezer l/nap*	140 ezer l/nap*	100 ezer l/nap*
Bioetanol-üzem	Önköltség**(Ft/l)	136	144	150
	Nettó ár (EU)(Ft/l)	113 Ft/l		
		Bioetanol piaci ára	Benzin fűtőértéké-nek megfelelő ár	
Buszközlekedés	Bioetanol-ár (Ft/l)	248*(Ft/l)**	263-293(Ft/l)***	
	Benzinár(Ft/l)	227*(Ft/l)**		
	Veszteség(Ft/l)	-36(Ft/l) – (-) 66		
Lakossági fogyasztók	Bioetanol-ár(Ft/l)	310(Ft/l)****	335-372(Ft/l)****	
	Benzinár(Ft/l)	290(Ft/l)****		
	Veszteség(Ft/l)	-45 (-) 82(Ft/l)		

Forrás: AKII és MNB alapadatok alapján végzett számítások

Jelmagyarázat: * üzemi kapacitás bioetanolra vonatkoztatva

** teljeskörű melléktermék-hasznosítással

***szállítási költség és ÁFA nélkül, 5 Ft/l nagykeresk. kedvezménnyel, legnagyobb üzemi méretnél

****szállítási költség nélkül, ÁFA-val, legnagyobb üzemi méretnél.

Az 5.1. táblázat adatai szerint a 2009. július 27.-i gazdasági körülmények mellett mind a tömegközlekedésben, mind a gépjármű-közlekedésben veszteséget okozna a bioetanol alkalmazása a benzinhoz képest. Mivel azonban ez a veszteség kisebb a bekeverés elmaradásakor jelentkező hátránynál (162 Ft/l bioetanol), ezért a 4,8 %-os bekeverés gazdaságilag indokolható, ennél magasabb részarány azonban nem. A hazai gazdálkodók részére ebben az időszakban a 35 eFt/t kukorica-ár nyereséget eredményezett volna egy átlagos évjáratban.

A fenti feltételek mellett 27 eFt/t kukoricaárak mellett lenne elméletileg versenyképes a bioetanol külföldi értékesítése (szállítási költség nélkül), a benzinnel szemben pedig a hazai bekeverés még alacsonyabb áron lenne indokolt, ezek az alapanyag-árak azonban már az alapanyag-ellátást sodorhatná veszélybe. A forintban kifejezett kőolajárak és az alapanyagárak közötti árrés növekedése segíthetné elő a mostani gazdasági helyzetben a vertikum nyereséges működését.

Környezetvédelmi szempontból az E-85 használata a teljes buszflottában elvileg 6310 t/év széndioxiddal egyenértékű károsgázzal csökkentette volna Kaposvár légszennyezettségét, melynek piaci értéke mintegy 24 MFt (14 EUR/EUA, www.vertisfinance.com, 2009.07.27.). Ebből a tervezett buszcseréknek csak töredékét lehetne végrehajtani. A 4 millió liter benzin 85 %-ának helyettesítése elméletileg mintegy 38-40 munkahelyet jelentene, évente mintegy 40-50 MFt munkabért juttatna az itt élőknek és ezzel körülbelül megegyező összeget a befizetett személyi adók, járulékok révén az államháztartásnak.

5.2.2. A debreceni bio-üzemanyag-projekt: biodízel

A „Mobilitási kezdeményezések helyi integrációhoz és fenntarthatósághoz” c. TREN/04/FP6EN/S07/513562 sz. projekt (2005-2009) célja komplex eszközökkel a környezetbarát városi közlekedés megvalósítása, a tapasztalatok átadása és adaptálása volt. A projektben Debrecen mellett 4 másik EU-tagország egy-egy nagyvárosa vett részt. A WP5 altéma végső célkitűzése egy olyan, Európában szinte egyedülálló modell-rendszer megteremtése és működtetése volt Debrecenben, mely magában foglalta volna a hulladékgazdálkodást, az elektromos áram-ellátást, a távfűtést és a helyi tömegközlekedést, a biogáz és biodízel kísérleti alkalmazásával a helyi buszokban. A debreceni kísérletekben a DMJV Önkormányzat koordinálásával a Debreceni Egyetem, a Hajdú Volán Zrt, a Városi Szennyvíztelep és az ÁKSD Kft vett részt.

A biodízel program tapasztalatai

A MOBILIS Program ezen része (WP5) a biodízel-normál dízel különböző arányú keverékeinek kipróbálását irányozta elő. A biodízel előállítását ugyan kísérleti jelleggel évekkal ezelőtt beindult hazánkban, ám a folyamatos működésre csak 2008-tól került sor. A jogszabályok 2008-as változása miatt a hivatalos állásfoglalások beszerzése is elhúzódott, hiszen a hazai működő üzemek gyakorlatában ugyan előfordult már külföldre, vagy belföldi, bekeverésre jogosult vállalkozás részére biodízel értékesítése, ám bekeverésre nem jogosult szereplő és kísérleti alkalmazás tekintetében a MOBILIS projekt jelentette az első biodízeles hazai referenciát. A tényleges üzemi és próbapadi mérések 2008. április 10-június 2 között zajlottak le. Összességében a programban 2400 l biodízel került felhasználásra, 10, 20 és 50 %-os biodízel-koncentrációban és ezek lettek összehasonlítva a normál (4,4 térf.% biodízelt tartalmazó) gázolajjal, különböző életkorú, de azonos típusú buszokban. A mérések normál forgalmi viszonyok között és próbapadon is megtörténtek, és a tesztjárművek vezetőinek szubjektív véleménye is értékelésre került. A motorok védelmében a magasabb koncentrációkra való áttérés fokozatosan valósult meg. A kísérleteknél Hajdú Volán Zrt járműveiben felhasznált üzemanyagok jellemzői és mennyisége, :

- 2008 április 10-21 között 10 térf.%-os keverékből 2000 l felhasználása,
- 2008 április 22-május 15 között 20 térf.%-os keverékből 5600 l felhasználása,
- 2008 május 16-június 2 között 50 térf.%-os keverékből 3600 l felhasználása.

A vizsgált 5 busz az EURO 2-es kategóriába tartozott, közöttük szóló és csuklós járművek is voltak. A vizsgálatba bevont autóbuszok a biodízel tesztek megelőzően soron kívüli átvizsgáláson estek át, ahol olajsűrű és levegősűrű ellenőrzés, illetve szükség esetén csere is történt.

Motorikus hatások

A bemérőpadi méréseken a teljesítménycsökkenés a 10 és 20 %-os biodízel keverék esetében elhanyagolható mértékű (max. 5-8%) volt, míg az 50%-os koncentrációnál az igényelt motorteljesítményhez képest a teljesítménycsökkenés a 10-15%-ot is elérte.

A vizsgálatok során a buszok átlagfogyasztásának alakulását a 5.2. táblázat mutatja be. A buszok normál üzemmódban vizsgált átlagfogyasztása között nagy, átlagosan 4,2 l/100 km különbség volt tapasztalható, melyek a biodízel bekeverésével sem változtak (4,1-5 l/100 km). A bio-üzemanyag arányának növelése ugyan minden esetben a fogyasztás növekedésével járt, ám ennek mértéke nem volt arányos a bio-dízel bekeverésének arányával, az 5 busz átlagában vizsgálva – a várható értékekkel ellentétben – a legnagyobb, 50 %-os keveréknél jelentkezett a minimumérték. Átlagosan 1,6 l/100 km (3,9 %) volt a biohajtóanyag alkalmazásának tulajdonítható fogyasztás-növekedés, ez megegyezik a 10 %-os keverék átlagértékével, ettől a 20 %-os keverékből többet (2,5 l/100 km), az 50 %-os keverékből viszont kevesebbet (0,7 l/100 km) fogyasztottak a járművek. A normál üzemmódhoz képest a buszok átlagfogyasztásának korrelációs együtthatója 0,97, ami azt jelenti, hogy az egyes járművek meglehetősen hasonlóan reagáltak a bio-komponens arányának emelésére.

5.2. táblázat A kísérletekben mért fogyasztás-változások biodízel hatására (m.e.: l/100 km)

Buszok rendszáma	GNX-309	GNX-340	DUD-999	HPR-618	DUD-997	Átlag	Szórás	Fogyasztás-növekedés, %
normál	32,85	35,41	41,27	40,33	42,8	38,5	4,2	
10%	34,07	41,6	43,22	41,63	-	40,1	4,1	4,1 (74)*
20%	34,22	37,25	44,55	45,92	43,22	41,0	5,0	6,5 (42)*
50%	34,09	36,27	-	43,54	42,86	39,2	4,7	1,7 (4)*
átlag	33,8	37,6	43,0	42,9	43,0	40,1		3,9 (17)*
szórás	0,6	2,7	1,6	2,4	0,2			
korreláció			0,97					

Bóji S. mérési alapadatai (2008) alapján elvégzett számítások

Jelmagyarázat: * az első szám az aktuális keverékben jelentkező, a második (zárójeles) érték pedig a 100 %-os biodízellel vonatkoztatott fogyasztásnövekedést mutatja.

A különböző arányú keverékek fogyasztása 1,7-6,5 %-kal növekedett. Mivel az egyes keverékek között a tiszta (100 %-os) biodízel-fogyasztásra vonatkozóan igen nagy különbségek (4-74 %) jelentkeztek. Az alkalmazott biodízel-többletek súlyozott számtani átlagát figyelembe véve a kísérletbe vont keverékek átlagosan 23,5 %-kal tartalmaztak több biodízelt a normál gázolaj biodízel-tartalmánál (4,4 %). A későbbi számításokban az átlagos fogyasztásnövekedést (3,9 %) ennek a biodízel-mennyiségnek tulajdonítható, ilyen módon a tiszta biodízel elvileg 17 %-os fogyasztás-növekedést okozna a tiszta gázolajhoz, 16 %-ot a 2008-ban hazánkban forgalmazott normál gázolajhoz képest. Az üzemanyag-fogyasztás nagyságának mértékét a próbapadi mérések (azok nagyobb szórása miatt) nem támasztották alá.

A gépkocsivezetők tesztek alatti véleményei alapján a mérési eredményekből levont következtetéseket a forgalmi viszonyok közötti vizsgálatok nem erősítették meg. A gépkocsivezetők túlnyomó többségének véleménye alapján a próbapadon érezhető teljesítménycsökkenés számukra nem volt tapasztalható a tesztek alatt. Összegezve a tesztek alatti véleményeket elmondható, hogy a motor üzemében említést érdemlő változást nem tapasztaltak, a járművek fogyasztásnövekedését viszont egyöntetűen jelezték.

Műszaki szempontból a biodízel 50 % koncentrációig nem okozott károsodást az eredeti gázolajos, EURO-2 normának megfelelő motorokban, a tesztek alapján az akkori 4,4 tf%-os bekevert biokomponens-arány jelentősen (akár 50 tf%-ig is) tovább növelhető a meghibásodás kockázata nélkül.

Megjegyzendő, hogy a szabványnak nem megfelelő biodízel alkalmazása jelentős károkat okozhat az EURO 4-es dízelmotorok katalizátoraiban. Egyes vélemények szerint a biokomponens magas káliumtartalma a kipufogógázban AdBlue® adalék kiválást, lerakódást okozhat. Emiatt a katalizátor hatásfoka gyorsan romlik, a karbamid egy része nem alakul át, hanem szilárd lerakódást képez. A lerakódások megjelenése tovább gátolja a karbamid átalakulását, így a katalizátor rövid idő alatt és javíthatatlanul tönkremegy. A probléma a szabványban előírt minőségű biodízel-olajjal, illetve korábbi motorok használatával kiküszöbölhető.

Környezetvédelmi hatások

Környezetvédelmi szempontból a biodízel alkalmazása a mérések szerint a következő előnyös hatásokkal járt:

- A motorok fekete kipufogófüstje szemmel láthatóan csökken, a füst színe fehérebb.
- A kipufogógáz erős csípős szaga jelentősen csökken, a bio-üzemanyag miatt a kipufogógásznak jellegzetes olaj illata van.
- A szilárd részecskék koncentrációja és a szénhidrogén-kibocsátás egyértelműen, bár a koncentrációváltozással nem arányosan, csökkent a dízelüzemhez képest.

Bizonytalan a biodízel-koncentráció változásának hatása a szénmonoxid és széndioxid-kibocsátásra. Utóbbinál a 10 %-os keverék esetén mindegyik busznál emelkedett a károsanyag-kibocsátás a dízelüzemhez képest, utána viszont általában csökkenés következett be. A norma szerinti határértéket egyik mérési eredményei sem lépték túl. A

kibocsátás növekedése valószínűleg nem a koncentrációval, hanem az első alkalmazással áll összefüggésben, hiszen a biodízel esetleg leoldhatta az eddigi lerakódásokat és az ezekből felszabaduló gázok belekerülhettek a kipufogórendszerbe. Hosszabb távon a kísérlet későbbi szakaszában végzett mérések adatai a mérvadóak, vagyis a biodízel ezeknek a károsanyagoknak a kibocsátását is csökkenti (5.3. táblázat).

5.3. táblázat Emisszió változás a különbözős keverékeknél a normál dízel üzeműhöz képest (%)

Megnevezés		10%-os keverék	20%-os keverék	50%-os keverék
Füst	alapjárat	100	87	56
	teljes fordulatszám	58	103	103
K érték	alapjárat	67	67	67
	teljes fordulatszám	12	21	41
CO	alapjárat	60	80	80
	teljes fordulatszám	116	111	42
CO ₂	alapjárat	109	109	113
	teljes fordulatszám	115	92	75
HC	alapjárat	75	89	95
	teljes fordulatszám	76	94	81

Forrás: Bói S. mérési alapadatai (2008) alapján végzett számítás

Megjegyzés: A 100 % jelenti a teljes megegyezést a normál dízel üzemi kibocsátásokkal az alacsonyabb értékek az emisszió-csökkenést, a magasabb értékek pedig a növekedést mutatják.

A értékelésnél csak néhány eredmény adott szignifikánsnak tekinthető összefüggést. A 5.4. táblázatban található értékek az egyes autóbuszokon mért értékek átlagos szórását mutatják be az átlagértékhez képest. A kivastagított esetek kivételével meglehetősen nagy – esetenként 100%-ot is meghaladó mértékű – eltérések jelentkeztek a különböző járműveken mért értékek között.

5.4. táblázat Az emissziós értékek relatív szórása

Megnevezés		Dízel	10%-os keverék	20%-os keverék	50%-os keverék
Füst	alapjárat	0,53	0,53	0,40	1,06
	teljes fordulatszám	0,59	0,00	0,37	0,67
K-érték	alapjárat	0,65	0,87	0,40	0,40
	teljes fordulatszám	1,27	1,14	1,23	0,71
CO	alapjárat	0,38	0,63	0,00	0,00
	teljes fordulatszám	0,75	1,42	1,47	0,40
CO ₂	alapjárat	0,10	0,08	0,12	0,08
	teljes fordulatszám	0,28	0,35	0,32	0,47

HC	alapjárat	0,35	0,20	0,31	0,24
	teljes fordulatszám	0,40	0,17	0,25	0,41

Forrás: Bói S. alapadatai alapján Kormányos Sz in Bai et al. (2008)

A téli üzemben kísérletekre nem került sor, de jelentős különbségek nem várhatók az eltérő időszakokban mert a szabványos biodízel ebben az időszakban kötelező jelleggel tartalmaz CFPP-adalékot, mely a téli üzemmód legnagyobb hátrányának, a hidegindítási nehézségeknek a kiküszöbölésére szolgál.

5.3. Esettanulmány biogázhasznosításra

5.3.1. Biogas Rahm GbR és a Welzel üvegházak

Hely: Kerken, Németország

Általános leírás: Villamosenergiát előállító biogáz üzem kombinálása energaintenzív üvegházak virágtermesztéssel. A Biogas Rahm cég elsődleges célja, hogy hőt szolgáltatson a kertészet számára. A villamosenergia betáplálása a hálózatba a pénzbevétel második pillére. A farmmal való együttműködés annak közelsége miatt ésszerű döntés volt.

Technikai adatok:

A betonból épült 2.5 m mélyen talajba nyúló tározók térfogatai:

- trágya (a biogáz üzemi kezelés előtt): 6,000 m³
- keverőtartály: 300 m³
- fermentor: 2,200 m³
- fermentlé tartály: 1,800 m³

A kukorica szilázs tárolására elérhető kapacitás 8,000 tonna.

2011-ben telepítettek egy tesztüzemet abból a célból, hogy bizonyíthassák, a rendszer kiszárítja a fermentált trágyát anélkül, hogy előzőleg elkülönítették volna a szilárd és folyékony részeit. A biogáz üzem kogenerációból származó maradék hőjének (amire a kertészetben már nincs szükség) ilyen felhasználása összhangban van a Megújuló Energiaforrások Törvényével (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) és még további haszonhoz is vezet.

Közreműködők:

A „Welzeli Üvegházak” cég: A kertészetet 1957-ben alapították, és a fejlesztési folyamat során az üveg és a speciális műanyag takarófoliák alatti terület 2012-ben 40,000 m² lett. Az adminisztrációhoz és szociális célokra kiszolgáló épületek, a munkatársak részére lakások épültek. Az üvegházakat rendszerint olajjal vagy földgázzal, néha pedig szénnel fűtik.

A „Biogas Rahm” céget 2003-ban 3 résztvevő alapította: a kertészet tulajdonosa, egy szomszédos gazda és egy mezőgazdasági vállalkozó. Mindegyik partner előnyt remélt:

- a kertészet tulajdonosa pénzt takarít meg az üvegházak olcsó fűtésével,
- a gazda számára bevételt jelent a biogáz üzem működtetése,
- a mezőgazdasági vállalkozó többlet-bevétele a kukorica szilázs termelésének és trágya kezelésének logisztikájából, valamint a jobb kapacitás kihasználásból származik.

A biogáz üzemet az EnviTec Biogas AG (Saerbeck) tervezte és építette.

Alapanyagok: A Német Megújuló Energiaforrás Törvény (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) alapján, és a nagyobb nyereség érdekében az üzemben fermentált anyagok kizárólag trágya és megújuló növények... A mérések idején napi 11 tonna tehén trágya, 4,5 tonna szárított baromfi trágya (32% trágyának megfelelő) és 18 tonna kukorica szilázs keverékét táplálták be.

Energia mérleg:

- Az összes biogáz a CHP egységben kerül felhasználásra a napi gáztermelés 6,800 m³; 500 kW_{el} és kb. 850 kW_{th}.
- A megtermelt villamosenergiát betáplálják a hálózatba: kb. 4.3 millió kWh/év, ára 22.6 EuroCent/kWh)
- Az üzem által felhasznált elektromos áramot (kb. 0.275 millió kWh/év, nettó 9.8 Eurocent/kWh) egy szolgáltatótól vásárolják
- A kertészet által felhasznált összes elektromos áramot (kb. 0.4 millió kWh/év, nettó 9.5 Eurocent/kWh) szintén egy szolgáltatótól vásárolják.

A keletkező hőt elsősorban az üvegházak fűtésére használják, az időjárási viszonyoktól függően fellépő napi hőfelesleget pedig a fermentált trágya szárításához

A szigetelt hőcsövek hossza a biogáz üzem CHP tartálya és a kertészet hőtárolója között 150 m. Az üvegházakon belül különálló, számítógéppel vezérelt hőelosztó rendszerek vannak.

Jogszabályi háttér: Az üzem működtetése megfelel Németország energiaügyi szabályainak, különösképp a Német Megújuló Energiaforrás Törvénynek (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG), főként az átvételi tarifa és a betáplálható anyagok vonatkozásában.

Gazdaságosság: A befektetés teljes összege 2003-ban 1.3 millió Euro volt, a beruházási költség 2,000 €/kW.. A tervezés és engedélyeztetés költsége kb. 25,000 € voltak.

A "Biogas Rahm" cég bevételei:

- a CHP által megtermelt összes energia értékesítése,
- a kertészetnek eladott hőenergia,
- szárított fermentált trágya talajjavítóként történő értékesítése.

A felhasznált változnak a törvényi követelmények és az átvételi tarifa változásának megfelelően.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Bai A.(témafelelős) (2007): Bio-üzemanyagok minőségének elemzése, alkalmazhatóságuk motorokban. Közreműködők: Kormányos Szilvia. European Commission. 6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration Mobilis 513 562 Integrated Project. Mobility Initiatives for Local Integration and Sustainability. WP5 Clean and Energy Efficient Vehicles. Koordinátor: Debrecen MJV Önkormányzata, Toulouse-i Önkormányzat.
2. Bai A (szerk.) – Jobbágy P.: A bioetanol és a második generációs biohajtóanyagok. MSc jegyzet. Bioenergetikai mérnök szak tananyagfejlesztése” című TÁMOP-4.1.2.A/1-11-/1-2011-0085 sz. projekt. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Debrecen, 2013, pp. 1-143
3. Bai A. – Kormányos Sz.: Projektjavaslat bioetanol-termelésre Hajdú-Bihar megyében. Elő-megvalósíthatósági tanulmány. Megrendelő: OTP Hungaro-Projekt KFT, Budapest. Debrecen, 2006. március, pp. 1-53.
4. Bai A. (2003): A biogáz előállítása, Jelen és Jövő. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház Rt.
5. Bai A. (altéma-felelős), Stündl L., Bársony P., Herpergel Z., Fehér M., Jobbágy P, (közreműködők): Saját kísérleteink komplex gazdasági értékelése esettanulmánnyal. Összefoglaló tanulmány. Témafelelős: Vaszkó Gábor. Baross Gábor Kutatási Program, „Biomassza célú algatermesztés fejlesztése, állattartó telepi szubsztráton, gazdasági modellépítés” (ATEBION, 2009-10) c. projekt. Debrecen, 2010. december 15., pp. 1-73
6. Bai A.(2003): A biomassza energetikai hasznosításának szerepe környezetünk védelmében. Ökogazdaság. II. évf. 4. szám, pp. 18-19.
7. Bai A.(témafelelős) (2005): A potenciális bio-üzemanyag források, a termelés és az ellátási lánc elemzése a debreceni térségben. Közreműködők: Dr. Dobos A., Dr. Grasselli G., Kormányos Sz., Dr. Kovács János, Dr. Nagy János. Debrecen, 2005.
8. Bai A.: Első generációs bio-hajtóanyagok alkalmazása a helyi tömegközlekedésben. Habilitációs értekezés. Debreceni Egyetem, AMTC, GVK. Debrecen, 2009, pp. 1-67.
9. Bai A.: Újabb generációs bio-üzemanyagok perspektívái. Magyar Tudomány. Az MTA folyóirata. HU ISSN 0025 0325. Kiadó: Akaprint Kft, Budapest. 171. évf, 7. szám, 2011 július, pp. 861-871.
10. Bai A.-Jobbágy P.: Az első generációs bio-üzemanyagok módosuló megítélése. Szakértői tanulmány. Megrendelő: GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft. Debrecen, 2011 november, pp. 1-69.
11. Bárdossy Gy. – Lelkesné Felvári Gy. (2006): Gondolatok és kételyek földünk szénhidrogénkészleteivel kapcsolatban. Magyar Tudomány. 1, 62–71.
12. Barótfi I. 2000. Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest
13. Barótfi I.(1998): A biomassza energetikai hasznosítása, Energiagazdálkodási kézikönyv 9, Budapest, 51-63
14. Barótfi.I. (1998)A biomassza energetikai hasznosítása, Energiagazdálkodási kézikönyv 9. Budapest, Energiaközpont Kht.

15. Bertók T. (Ifj.): Kommunális hulladék lerakók depóniagáz hasznosítás lehetőségei. Csináljuk Jól! 11., Budapest, Energia Központ Kht.
16. BIOZIO (2009): Comprehensive Cellulosic Ethanol Report. Tamilnadu (India), 2009.
17. Crawford G.: High sulfur content in ethanol by-products. In <http://www.allaboutfeed.net/news/high-sulfur-content-in-ethanol-by-products-id1228.html> (2007)
18. Csom Gy. (2007): Energiapolitikai prioritások. Magyar Tudomány 1, 4-10
19. Csom Gyula et al. (2006): Magyarország energiapolitikája 2006–2030, (Javaslat). Tanulmány. Budapest, 2006. június 25
20. Ecofys (2013): Biofuels and food security. Risks and opportunities. ECOFYS. Utrecht, 2013. p. 29
21. Euroobserver (2013): Biofuels Barometer. Euroobserver, Párizs, 2013. 16p.
22. Euroobserver (2013): The state of renewable energies in Europe 2013. Euroobserver, Párizs, 2013. 203 p.
23. Ewing, W. N. (1998): The Feeds Directory. Context Publications, Leicestershire, 234 p.
24. F. Neuwahl-A. Löschel-I. Mongelli-L. Delgado: Employment impacts of EU biofuels policy. Centre for European Economic Research. Discussion Paper No.08-049. Mannheim, 2008.06.06.
25. F.O. Licht (2013): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report, Volume 11-12.
26. F.O. Licht (2014): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report, Volume 12.
27. F.O. Licht: World Ethanol and Biofuel Report. Agra Informa Ltd, 2008-2013
28. Fairley (2008): Taking Pulp to the Pump. www.technologyreview.com/energy/21811
29. Farkas, F., 2009. Plant oil derivatives as fuels. Pol J Chem Technol 11, 4-7.
30. Fernández Llorente, M., & Carrasco García, J. (2005): Comparing methods for predicting the sintering of biomass ash in combustion. Fuel, 84(14-15), 1893-1900.
31. Fogarasi L. - Tóth L. - Bak J. (2000): Állattartási technika, Gyakorlati jegyzet, Gödöllő
32. Fogarassy CS. (2001):Energianövények a szántóföldön, Gödöllő, SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja
33. Fogarassy Cs: A CO₂-kereskedelem szerepe és jelentősége a zöldenergia-piacon. Konferencia-előadás. Renexpo Nemzetközi Konferencia és Szakkiállítás. Budapest, 2008. április 24-26.
34. Füstí A.-Hargitai R. (2007): A jövő potenciális energiaforrásai. Magyar Tudomány 1, 62-67.
35. Gács Iván et al. (2006): Magyarország primerenergia-hordozó struktúrájának elemzése, alakításának stratégiai céljai. Tanulmány. Budapest, 2006. március
36. Gergely S.: 2006. Zöldenergia-termelés faültetvényeken. Agrárium, 16. évf. 2006/8. augusztus
37. Giber János et al. (2005): A megújuló energiaforrások szerepe az energiaellátásban. Tanulmány. Budapest, 2005. szeptember
38. Grasselli. G- Bai A.-Marosvölgyi B.-Bohoczky F. (2004): Munkahelyteremtő megújuló energiaforrások hasznosításának megvalósíthatósági tanulmányterve a Debreceni Agglomeráció térségében, Debrecen
39. Hancsók J. – Kovács F. (2002): A biodízel. BME-OMIKK, Budapest, 2002. 56 p.

40. Hancsók J. (2004): Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok III. Alternatív motorhajtóanyagok. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004. pp. 1-43.
41. Hancsók J.: Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok III. Alternatív motorhajtóanyagok. Veszprém Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004.
42. Hancsók, J – Krár, M – Kovács, S – Boda, L.-Leveles, L.-Thernesz, A (2006): Bio-motorhajtóanyagok. Jelen és jövő. IX. Biomassza Konferencia. Sopron
43. Harsányi E.: A bioetanol jelentősége, felhasználása, hatása a szántóföldi növénytermesztésre. Habilitációs értekezés. Debreceni Egyetem, AGTC, 2011. december 12., pp. 1-75
44. Hódi J.(2006): A biogáz kéntelenítés-tisztítás lehetséges alternatívái. II Biogáz Konferencia
45. Horváth Z.(2005): Kézikönyv az Európai Unióról. Budapest, Lap és Könyvkiadó Kft. 486-506
46. Huzsvai L, Rátonyi T., Megyes A., Ványiné Széles A, Sulyok D.: Evaluation Of Energy Efficiency In Maize Based Bioethanol Production Istro 18th Triennial Conference Proceedings, June 15-19, 2009 Izmir-Turkey
47. Janowszky, Zs. 2003. Fűfélék ipari célú hasznosítása. Debreceni Agrártudományi Közlemények, 10. 131-134.
48. Jobbágy P.: A hazai biodízel-ágazat komplex elemzése. Doktori (Ph.D.) értekezés. Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola. Debrecen, 2013. pp. 1-157
49. Juhász György (2004.): Mező- és erdőgazdasági hulladékok és melléktermékek tüzeléstechnikai hasznosításának lehetőségei Debrecen agglomerációjában. Doktori értekezés. Debrecen, 2004.
50. Juhász T-Zöldy M: A bioetanol magyarországi bevezetésének környezetvédelmi és gazdasági előnyei. TDK-dolgozat. BME GTK Környezetgazdaságtani Tanszék, Budapest, 2002, pp. 46.
51. K. L. Kovács, Á T. Kovács, G. Maróti, Z. Bagi, Gy. Csanádi, K. Perei, B. Bálint, J. Balogh, A. Fülöp, L. S. Mészáros, A Tóth, R. Dávid, D. Latinovics, A. Varga, G. Rákhely: Improvement of biohydrogen production and intensification of biogas formation Reviews in Environmental Science & Bio/Technology ISSN 1569-1705 DOI: 10.1007/s11157-004-7460-2 Springer Netherlands, 2004 Vol. 3: 321–330
52. Kacz K. – Neményi M. (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
53. Kaltschmitt, M. – Hartmann, H. (Hrsg.) (2001): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer, Berlin.
54. Kaszab I: A bioetanol perspektívái Magyarországon. Energoexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia. ISBN 963 06 0987 8. Debrecen, 2008. szeptember 23-25.
55. Kaszab, I.: 2008. A bioetanol perspektívái Magyarországon. in Energoexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia. ISBN 963 06 0987 8. Debrecen, 2008. szeptember 23-25.
56. Kavalov, B.- Peteves, S. (2005): Status and Perspectives of Biomass-to liquide Fuels in the EU. JRC, Petten, pp. 1-65

57. Klokner Zs: Fagázautók: száztíz kilométer két öl fával. www.origo.hu 2012. 02. 17
58. Kovács A.-Fuchsz M.: A biogázipar helyzete és perspektívái Magyarországon. Biogáz-előállítás és –felhasználás. Műszaki Kiadványok, 183. szám. Info-Prod Kft. Budapest, 2009
59. Kovács E.: Gépjárművek légszennyezőanyag kibocsátásra vonatkozó környezetvédelmi követelmények alakulása. GÉMOSZ konferencia, Galyatető, 2007. 05. 17-18.
60. Kovács-Fuchsz (2007): Vitaindító a bioüzemanyagokról II., Bioenergia, Bioenergetikai szaklap II. évfolyam 1. szám. 2-4
61. Láng István (1984) A Biológiai eredetű anyagok (biomassza) hasznosításának távlati lehetőségei, Komplex Bizottság jelentése – MTA, Budapest p. 120-122.
62. Lázár I, Csákberényi-Nagy G, Túri Z, Szegedi S, Tóth J. B, Tóth T: A szélpotenciált befolyásoló tényezők vizsgálata alacsony beépítésű városi környezetben. Konferencia-kiadvány. In: Szabó Valéria, Fazekas István (szerk.) Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás III. ISBN: 978-963-7064-31-9 Debrecen, 2014. pp. 71-76.
63. Ligeti P. et al. (2006): Az új magyar energiapolitika mozgástere az EU piacnyitási szabályaival és stratégiájának függvényében. Tanulmány. Bp. 2006. január
64. Mandraz Tanácsadó Kft. (2002): A gázszolgáltatók által bérbevett földgáz-elosztóvezetékek használatának kérdései, javaslatok a rendszerhasználat szabályozására. Tanulmány. Készült a Magyar Energia Hivatal megbízásából.
65. Marosvölgyi Béla (2004.): Országjelentés a szilárd bio-tüzelőanyagok magyarországi helyzetéről (kézirat). Sopron, 2004. április
66. Maugeri, L. (2012): Oil: The Next Revolution. The Unprecedented Upsurge of Oil Production Capacity and What It Means for the World. Discussion papare. Harvard Kennedy School, Cambridge MA, 86 p.
67. MGSZ (2005): Magyarország ásványi nyersanyagvagya. Magyar Geológiai Szolgálat, Budapest
68. Molnár S. 1999. Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
69. Molnár S. 2000. Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
70. Neuwahl, F. – Löschel, A. – Mongelli, I. – Delgado, L. (2008): Employment impacts of EU biofuels policy: Combining bottom-up technology information and sectoral market simulations in an input-output framework. Ecological Economics, Volume 68., Issues 1-2., pp. 447-460.
71. Obernberger, I., Brunner, T., & Bärnthaler, G. (2006). Chemical properties of solid biofuels--significance and impact. Biomass and Bioenergy, 30(11), 973-982.
72. OECD: Economic assessment of biofuel support policies. Paris, 2008 in www.oecd.org/tad/bioenergy.
73. Olajos P: A nagy karbon semmittevés. Ma és Holnap Magazin, VIII. évf., 2. szám, Budapest, 2008a, pp. 2-3
74. Olajos P: Jó-e nekünk a bioüzemanyag,vagy sem? Ma és Holnap Magazin, VIII. évf., 4. szám, Budapest, 2008b, pp. 2-3
75. Olanders, B., & Steenari, B. (1995): Characterization of ashes from wood and straw. Biomass and Bioenergy, 8(2), 105-115.

76. Olsson, R. (1994) A new concept for canary grass production and its combined processing to energy and pulp. In: Pira Int./Silsoe Research Institute Joint Conference, Non-wood fibres for industry, Bedfordshire United Kingdom
77. OMGK (2009): Melléklet az MÉ 2-4211 irányelvhez. OMGK, Budapest, 2009. 7 p.
78. Pálvölgyi, T. (szerk.) (2011): A természeti erőforrások fenntartása. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács. Műhelytanulmányok - No. 3. Budapest.
79. Pecznik, P. – Körmendi, P. 1997. A mezőgazdaságban keletkező biomassza energetikai felhasználásának lehetőségei 1. rész. Mezőgazdasági Kakuk és Schmidt, 1988
80. Pepó, P., Kovács-Oskolás, H.,-Erdei É.,-Tóth Sz. 2006. A termésbiztonság elemzése különböző őszibúza-genotípusok esetében. Növénytermelés Vol 55 Nos 3-4
81. Pettersson, A., Zevenhoven, M., Steenari, B., & Åmand, L. (2008): Application of chemical fractionation methods for characterisation of biofuels, waste derived fuels and CFB co-combustion fly ashes. Fuel, 87(15-16), 3183-3193.
82. Pimentel, D. – Patzek, T.: 2006. Ethanol production using corn. in Natural resources research 14. évf. 1. szám pp 65-76
83. Political Capital-Green Capital: Lehet-e Magyarország bioetanol-nagyhatalom? Összefoglaló háttéranyag, Budapest, 2008 december 5, p. 4.
84. Popp J. – Potori N. (szerk., 2011): A biomassza termelése Magyarországon. AKI, Budapest 2011. 173 p.
85. Popp J: Dilemmák az EU KAP jövőjében. Élelmiszert, energiát, vagy környezeti biztonságot? Konferencia-előadás. L. Georgikon Napok. Keszthely, 2008. szept. 25-26.
86. Popp J-Potori N: Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság összefüggései. Gazdálkodás. 52. évf, 6. szám, Budapest, 2008. december, pp. 528-544
87. Popp J-Somogyi A.: Bioetanol és biodízel az EU-ban. Áldás, vagy átok? Tanulmány. Bioenergia II.évf. vol. 1-2. Szekszárd, 2007
88. Popp, J. (2013): A bioenergia szerepe az energia-ellátásban. Gazdálkodás, 57 évf., 5. szám, pp. 419-435
89. Potori N.:Kilátások a főbb növényi termékek világpiacán. AKII, Budapest, 2008. máj. 22.
90. Raisz, I-Barta, I (2007): Metanol előállítás kommunális- és ipari hulladékból, szennyvíziszapból és agrár (erdészeti) hulladékból oxigén bázisú szintézisgázon keresztül. Szabadalmi bejelentés
91. Réczey I-né: Lignocellulózok biofinomítása és konverziója második generációs üzemanyag-alkohollá. MTA Doktori értekezés. BMGE, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Budapest, 2012
92. Sanjay Nagarajan - Siaw Kiang Chou - Shenyao Cao - Chen Wu - Zhi Zhou : An updated comprehensive techno-economic analysis of algae biodiesel Bioresource Technology, Vol.145, October 2013, pp. 150–156
93. Scharmer K: Biodiesel. Energy and Environmental Evaluation. UFOP, Bonn, 2001, pp. 24-27.
94. Schulz H.-Eder B. (2005): Biogázgyártás. Budapest, Cser kiadó

95. Sembery P. -Tóth L.: 2004. Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó. Budapest.
96. Sims-Taylor: From 1st to 2nd generation biofuel technologies. IEA Bioenergy, in www.iea.org (2008)
97. Skarlis, S. – Kondili, E. – Kaldellis, J. K. (2012): Small-scale biodiesel production economics: A case study focus on Crete Island. *Journal of Cleaner Production*, Volume 20., Issue 1., pp. 20-26.
98. Somogyi A. (2011): Az első generációs bioüzemanyag-piac komplex értékelése. Doktori (Ph.D.) értekezés. Gödöllő, pp. 1-135
99. Spitzers J-Jungmeyer G: Greenhouse gas emissions of bioenergy systems. In ec.europa.eu/research/energy/pdf/gp/gp_events/biorefinery (2008)
100. Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. GKM, Budapest.
101. Sulyok D. -Megyes A.: 2006. Energiatermelés faültetvényből származó megújuló energiából I. Agrárágazat Mezőgazdasági Havi Lap, 2006 – május
102. Szárszó T.: Biogáz-projektek Magyarországon – tervezés, pályázás, engedélyezés és megvalósítás. Renexpo Nemzetközi Konferencia, Budapest, 2009. április 16.
103. Szendrei J. (2005): A biomassza energetikai hasznosítása. *Acta Agraria Debreceniensis*, Debrecen, 2005/16. p. 264-272.
104. Szulczyk, R.K.: 2007. Market penetration of Biodiesel and ethanol. in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14. évf. 1. szám pp 394-403
105. Szunyog I: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon. Doktori (Ph.D.) értekezés kézírata. Miskolci Egyetem, Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola. Miskolc, 2009
106. Thész, J. – Boros, B. – Király, Z. (2008): TBK Biodízel. Technikai ismertető, Budapest
107. Tóth L. - Bak J. (2001): A minőségi tejtermelés technikája, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
108. Tóth L. (1998): Állattartási technika, Szaktudás Kiadó, Budapest
109. Tóth L. (2000): Szalastakarmányok betakarítása, tárolása és etetése, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 160 p.
110. Tóth L. (2002): Elektronika és automatika a mezőgazdaságban, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
111. Tóth T. (2013): A megújuló energiaforrások társadalmi háttérvizsgálata a Hernád-völgy településein, különös tekintettel a dendromassza-alapú közösségi hőenergia-termelésre Debreceni Egyetem, Földtudományi Doktori Iskola. Debrecen, 2013
112. Tóth, T. (2011): A megújuló energiaforrások hasznosításának feltételei a Hernád völgyében. A magyarországi Hernád-völgy. Földrajzi tanulmányok. Nyíregyháza-Szerencs. 2011. pp. 267-276
113. Tyner, W. and Taheripour, F. (2008). Policy options for integrated energy and agricultural markets. in *Review of Agricultural Economics* 30. évf. 3. szám pp. 1-17
114. Views: Shift gear for biofuels. Senter Novem, Utrecht (NL), 2005

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE